

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2021

Samuel Peltoniemi

PROSESSIKUVAUS TUULIVOIMAHANKKEEN VAIHEISTA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Energia- ja ympäristötekniikka

2021 | 48 sivua, 68 liitesivua

Samuel Peltoniemi

PROSESSIKUVAUS TUULIVOIMAHANKKEEN VAIHEISTA

Prosessien kuvaamisesta on organisaatiolle useita hyötyjä. Prosessien kuvaaminen mahdollistaa esimerkiksi tehokkaamman toimintojen kehittämisen ja luo edellytyksiä toimintojen jatkuvalla parantamiselle. Kun prosessit on kuvattu, niistä on helpompi lähteä etsimään kehitettäviä kohteita.

Tämän opinnäytetyön aikana laadittiin prosessikaavio ja kuvaus Wpd Finland Oy:n tuulivoimahankkeen vaiheista ja toimintatavoista. Työn tavoitteena oli luoda kaavio, josta voi tarkistaa tehtävät hankkeen eri vaiheissa. Prosessikaavio tehtiin luottamuksellisesti yrityksen käyttöön.

Opinnäytetyöraportissa perehdytään aluksi prosessiteoriaan sekä ISO 9001 -standardiin. Raportin käsittelyosassa esitetään vaiheet, joista tuulivoimahankkeet yleisesti muodostuvat. Lopuksi käsitellään työn päätavoitteena olleen prosessikaavion rakentamisen vaiheita ja työn tuloksia. Opinnäytetyöraportin tietoperusta koostuu pääosin aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta, viranomaisraporteista sekä asiantuntijahaastattelusta.

Tehdyn prosessikaavion avulla yrityksellä on nyt pohja, johon on kerätty tietoa ja ohjeistuksia hankkeen päävaiheista. Kaaviota voidaan käyttää hyödyksi uusien työntekijöiden perehdyttämisessä. Kaaviosta pystytään myös helposti tarkistamaan, mitä asioita täytyy ottaa huomioon hankkeen eri vaiheissa.

ASIASANAT:

Tuulienergia, tuulivoimahanke, tuulipuisto, prosessikuvaus, vuokaaviot

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy- and environment technology

2021 | number of pages 48, number of pages in appendices 68

Samuel Peltoniemi

PROCESS DESCRIPTION ABOUT THE PHASES OF WIND POWER PROJECT

There are several benefits to an organization from describing their processes. Describing processes enables, for example, more efficient development of operations and creates conditions for their continuous improvement. Once the processes have been described, it is easier to start looking for objects to be developed.

A process chart and a description of the phases of Wpd Finland Oy's wind power project were made in the scope of this thesis. The objective was to make a chart where you can easily check what has to be done in every phase of the project. The process chart and descriptions were made confidential for use of the company.

In the thesis report theory about processes and the ISO 9001 standard are first introduced. The discussion section of the report then outlines the stages that wind power projects generally consist of. Finally, the stages of building the process chart that was the main goal of the work and the results of the work are reviewed. The information base of the thesis report mainly consists of related literature, official reports and expert interviews.

With the process chart, the company now has a base where information and instructions about the main stages of the project have been collected. The chart can be used to introduce new employees, for example or one can check what things need to be taken into consideration at different stages of the project.

KEYWORDS:

Wind energy, wind power project, windfarm, process description, flow charts

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 YLEISTIETOA PROSESSEISTA SEKÄ ISO 9001 -STANDARDISTA	9
2.1 Prosessin määritelmä	9
2.1.1 Prosessien kuvaaminen	9
2.2 ISO 9001	10
2.2.1 Prosessimainen toimintamalli	11
2.2.2 Laadunhallintajärjestelmäsertifikaatti	11
3 TUTKIMUSMENETELMÄT	13
4 TUULIVOIMAHANKKEEN VAIHEET	14
4.1 Esiselvitysvaihe	14
4.1.1 Sijoiuskohteen valinta	15
4.1.2 Maastotutkimukset	17
4.1.3 Hankkeen tekninen esisuunnittelu ja sijoitussuunnittelu	17
4.1.4 Lausunnot ja luvat	18
4.1.5 Alustavat neuvottelut verkonhaltijan kanssa	19
4.1.6 Maanvuokraus	19
4.2 Kaavoitus ja ympäristövaikutusten arviointi	20
4.2.1 Maakuntakaava	21
4.2.2 Yleiskaava	21
4.2.3 Tuulivoimaa ohjaava yleiskaava	22
4.2.4 Asemakaava	23
4.2.5 Suunnittelutarvealue ja -ratkaisu	23
4.2.6 Kaavoitusprosessi	24
4.2.7 Ympäristövaikutusten arviointimenettely	25
4.2.8 Kaava- ja YVA-menettely yhdessä	27
4.2.9 Sosiaalinen hyväksyttävyyys	28
4.3 Tuulimittaukset	28
4.3.1 Yleisimmät mitattavat parametrit	29
4.3.2 Tuulimittausten ajankohta	29

4.3.3 Yleisimmät tuulimittausmastossa käytettävät mittauslaitteet	30
4.3.4 SODAR	32
4.3.5 LIDAR	32
4.3.6 Tuulimittausmaston sijoitukseen vaikuttavia tekijöitä	33
4.3.7 Tuulimallinnukset ja energiantuottoarvio	33
4.3.8 Tarvittavat luvat ja lausunnot	34
4.4 Tuulivoimahankkeen luvittaminen	35
4.4.1 Lentoestelupa ja lentoestelausunto	35
4.4.2 Rakennuslupa	35
4.4.3 Poikkeamispäätös	36
4.4.4 Ympäristölupa	37
4.4.5 Vesilupa	38
4.4.6 Ilmajohdon luvitus ja lunastuslupamenettely	39
4.5 Verkkoonliityntä ja PPA-sopimus	40
4.5.1 Liittymissopimuksen solmiminen	40
4.5.2 PPA-sopimus	40
4.6 Rahoitus	41
4.7 Turbiinien hankinta	42
4.8 Rakentaminen	42
5 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	46

LIITTEET

Liite 1. Salassa pidettävä prosessikaavio Wpd Finland Oy:n tuulivoimahankkeen vaiheista.

KUVAT

Kuva 1. Keskituulen nopeudet Suomessa 100m korkeudella (Suomen tuuliatlas).	15
Kuva 2. Tuulivoimaloiden melurajat (Ympäristöministeriö 2016).	16
Kuva 3. Kaavoitusprosessi (Lopen kunta 2017).	25
Kuva 4. YVA-menettelyn vaiheet (YVA ry 2018).	26

Kuva 5. Hanke-YVA kaavamenettelyssä (Ympäristöministeriö 2020).	28
Kuva 6. Yhdistetty kuppianemometri ja tuuliviirianturi (Vaisala a).	31
Kuva 7. Ultraäänianemometri (Vaisala b).	31
Kuva 8. SODAR-tuulimittaus (AQSystem).	32
Kuva 9. Hankkeen päävaiheet.	43
Kuva 10. Esimerkki prosessikaavion päävaiheen kuvauksesta.	44
Kuva 11. Esimerkki yhden hankkeen pääkohdan vaiheen kuvauksesta.	44
Kuva 12. Tuulivoimahankkeen vaiheet.	45

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

ELY-keskus	Elinekeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
kV	Kilovoltti
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki
MRA	Maankäyttö- ja rakennusasetus
MW	Megawatti
TWh	Terawattitunti
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi
YVAA	Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenet- telystä
YVAL	Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä

1 JOHDANTO

Tuulivoiman rakentaminen lisääntyy Suomessa kovaa vauhtia. Hankkeita on suunnitella enemmän kuin koskaan. Vuonna 2020 Suomen tuulivoimatuotanto lisääntyi 302 megawatilla, mikä nosti Suomen tuulivoimakapasiteetin 2586 megawattiin. (Suomen tuulivoimayhdistys ry 2021.) Lähivuosina tuulivoimakapasiteetin odotetaan kasvavan suuresti, jos kaikki investointipäätöksen saaneet hankkeet valmistuvat odotetusti. Suomen tuulivoimayhdistyksen mukaan vuoteen 2024 mennessä Suomen tuulivoimatuotanto tulee kaksinkertaistumaan noin 8 TWh:sta noin 16 TWh:tiin. (Suomen tuulivoimayhdistys ry 2021.)

Tämän opinnäytetyön aikana laadittiin prosessikaavio ja kuvaus Wpd Finland Oy:n tuulivoimahankkeen vaiheista ja toimintatavoista. Työn tavoitteena oli luoda kaavio, josta pystyy helposti tarkistamaan, mitä missäkin hankkeen vaiheessa tehdään. Kaavioon luodaan myös paikat tarvittaville lomakkeille ja hakemuksille, joita eri vaiheissa tarvitaan. Työ tehdään Wpd Finland Oy:n toimeksiantona ja työn lopputuloksena syntyvä prosessikaavio ja kuvaus hankkeen vaiheista tulevat toimeksiantajan käyttöön. Työ tehdään luottamuksellisena ja tehty kaavio tulee ainoastaan yrityksen käyttöön.

Prosessien kuvaamisesta on organisaatiolle useita hyötyjä. Prosessien kuvaaminen mahdollistaa tehokkaamman toimintojen kehittämisen sekä luo edellytyksiä toimintojen jatkuvalla parantamiselle. Kun prosessit on kuvattu, niistä on helpompi lähteä etsimään kehitettäviä kohteita.

Opinnäytetyöraportti koostuu teoriaosiesta, käsittelyosiesta sekä tuloksien tarkastelusta ja loppupohdinnasta. Opinnäytetyöraportin teoriaosiossa käsitellään prosessin kuvaukseen liittyvää teoriaa sekä ISO 9001 -laatustandardia. Raportin käsittelyosassa käsitellään tuulivoimahankkeen vaiheet, joihin kuuluvat esiselvitys, kaavoitus ja YVA, tuulimitaukset sekä hankkeen loppuluovuttaminen. Tuulivoimahankkeeseen kuuluvat lisäksi rahoitus- ja rakentamisosiot, jotka käsitellään lyhyesti, sillä ne eivät kuuluneet opinnäytetyön rajaukseen. Lopuksi esitetään yhteenveto työn tuloksista. Opinnäytetyöraportissa käytetty aineisto on kerätty julkisista lähteistä sekä haastatteluiden avulla.

2 YLEISTIETOA PROSESSEISTA SEKÄ ISO 9001 - STANDARDISTA

2.1 Prosessin määritelmä

Sanalla prosessi voidaan kuvata kaikenlaista toimintaa, muutosta tai esimerkiksi kehitystä jossain asiassa. Prosessi on siis tapahtumasarja, jossa on kuvattu eri vaiheet, jotka tapahtuvat tapahtumasarjan aikana. Prosessin kaksi pääasiaa ovat tarve saada jotakin aikaan, mikä johtaa prosessin aikaansaamaan tulokseen eli tuotteeseen. Toinen prosessin pääasia on, että prosessin tuloksella on aina asiakas eli prosessi tehdään sen vuoksi, että joku hyötyy prosessin tuloksesta. Prosessista hyötyjä voi olla esimerkiksi ulkoinen asiakas tai prosessin tehnyt organisaatio. Kun puhutaan prosesseista, joilla kuvataan organisaation toimintaa, puhutaan toimintaprosesseista. Laamanen (2005, 19) kuvaa teoksessaan toimintaprosessin seuraavalla tavalla: ”Toimintaprosessi on joukko loogisesti toisiinsa liittyviä toimintoja ja niiden toteuttamiseen tarvittavia resursseja, joiden avulla saadaan aikaan toiminnan tulokset”. Prosessi koostuu prosessin toiminnan liikkeelle laitavasta syötteestä, prosessin sisältämistä resursseista sekä prosessin tuotoksesta, joka syntyy, kun prosessin syöte ja resurssit yhdistyvät onnistuneesti. (Laamanen 2005, 19–20; Pesonen 2007, 129.) Prosesseja käytetään kuvaamaan organisaation toiminnan loogikkaa. Hyvin kuvattujen prosessien avulla pystytään vaikuttamaan kohtiin, jotka ovat kriittisiä organisaation keskeisten tavoitteiden saavuttamisessa. (Laamanen 2005, 37.)

2.1.1 Prosessien kuvaaminen

Prosessien kuvaamiseen käytetään piirroksia ja sanoja. Piirroksilla eli prosessikartoilla ja -kaavioilla esitetään prosessit selkeänä kokonaisuutena, ja niistä saa nopealla silmäyksellä kuvan, mitä prosesseja on tai mitä prosesseissa tapahtuu. Sanoilla voidaan kuvata prosessia tarkemmin. (Pesonen 2007, 130.) Prosesseja on erilaisia ja ne usein luokitellaankin ydinprosesseihin, tukiprosesseihin ja avainprosesseihin. Ydinprosessit ovat prosesseja, jotka ovat yhteydessä prosessin asiakkaaseen. Ydinprosesseiksi määritellään usein organisaation prosessit, joiden tekeminen tuottaa arvoa yritykselle. Tukiprosessit luovat edellytykset tehokkaalle toiminnalle. Tukiprosessit ovat luonteeltaan sisäisiä prosesseja, joiden tehtävänä on tukea ydinprosessien suorittamista. Avainprosessit

koostuvat kaikista ydinprosesseista ja niistä tukiprosesseista, jotka ovat välttämättömiä organisaation toiminnan kannalta. (Laamanen 2005, 52–57; Pesonen 2007, 130–131.)

Jotta prosessit voidaan määritellä ja kuvata ne, täytyy ensin tunnistaa. Laamanen (2005, 41) kuvaa organisaatiota organismiksi, jonka tukirankana eli kasassa pitävänä asiana toimivat prosessit. Organismien kasvaessa myös tukiranka (prosessit) kehittyy ja vahvistuu ja sen vahvistamiseen nähdään myös vaivaa. Onnistunut prosessien tunnistaminen (tukirangan luominen) tarjoaa kehittämisen rakenteen, joka mahdollistaa uusien elementtejen tai vaatimusten mukaan tuomisen ilman, että kuvattu järjestelmä menee tukkoon. (Laamanen 2005, 41.) Prosessien tunnistaminen tehdään esimerkiksi prosessien rajaamisella. Prosessit rajataan niin, että ne ulottuvat asiakkaalta asiakkaalle. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että prosessi alkaa asiakkaan tarpeesta ja päättyy asiakkaan tarpeeseen. (Laamanen 2005, 52.) Asiakas voi olla kuka tai mikä vain, jonka tarpeesta prosessi tehdään. Prosessien tunnistamisessa auttaa prosessikartan piirtäminen, johon kasataan organisaation kaikki pääprosessit eli ydin- ja tukiprosessit. Karttaa tutkimalla saa käsityksen organisaation toiminnasta. (Pesonen 2007, 133.)

Prosessikartan prosesseista laaditaan yleiskuvaus, josta käy ilmi muun muassa prosessin asiakkaat, tehtävät, omistajat ja resurssit. Yleiskuvauksen jälkeen kuvattavasta prosessista tehdään prosessikaavio, jossa visualisoidaan prosessin päävaiheet. Prosessikaaviosta selviää katsomalla mitä tehtäviä, kukin prosessin toimija tekee. Prosessikaavio tekemisen jälkeen kuvataan prosessikaaviosta löytyvät tehtävät. (Pesonen 2007, 145–150).

2.2 ISO 9001

ISO-lyhenne syntyy sanoista International Organisation for Standardization. ISO on kansainvälinen standardisoimisjärjestö, joka kehittää ja markkinoi maailmanlaajuisesti yleisessä käytössä olevia standardeja tuotteille, palveluille ja toiminnalle. ISO 9001 -standardi kuvaa vaatimukset toimivalle laadunhallintajärjestelmälle, joita organisaatio voi hyödyntää omassa toiminnassaan. Standardin vaatimukset täyttämällä organisaatio osoittaa kykynsä tuottaa johdonmukaisesti asiakkaiden, lakien ja viranomaisten vaatimukset täyttäviä tuotteita tai palveluja. ISO 9001 -standardi perustuu standardissa ISO 9000 kuvattuihin laadunhallinnan periaatteisiin, joita ovat asiakaskeskeisyys, johtajuus, ihmisten täysipainoinen osallistuminen, prosessimainen toimintamalli, parantaminen, näyttöön perustuva päätöksenteko sekä suhteiden hallinta. (SFS-EN ISO 9001).

Pesonen (2007, 81) neuvoo pitämään laadunhallinnan periaatteet aina mielessä toimintaa kehitettäessä. ISO 9001:n päävaatimukset organisaatiolle ovat, että toiminnan täytyy olla määriteltyä ja osittain dokumentoitua, toimitaan määrittelyjen mukaan ja siitä jää määritettyjä näyttöjä, toiminnan tehokkuutta mitataan ja siitä saadaan tietoa ja tuloksia. Saatujen tulosten kautta toimintaa ohjataan ja parannetaan. (Pesonen 2007, 81.)

2.2.1 Prosessimainen toimintamalli

ISO 9001 kannustaa prosessimaisen toimintamallin käyttöönottoon osaksi laadunhallintajärjestelmän kehitystä ja käyttöönottoa. Prosessimaisen toimintamallin tavoitteena on tehostaa organisaation toimintaa ja asiakkaan vaatimusten toteuttamista, joka johtaa asiakastyytyväisyyden lisääntymiseen. Organisaation prosessit sekä niiden vuorovaikutukset tulee määritellä ja kuvata järjestelmällisesti, jotta halutut tulokset voidaan saavuttaa. ISO 9001 uskoo PDCA-mallin käyttöön, jatkuvaan parantamiseen sekä riskiperusteiseen ajatteluun prosessien ja järjestelmän kokonaisvaltaisen hallinnan saavuttamisessa. PDCA-malli on yleinen laatujärjestelmissä käytetty malli. Malli perustuu prosessien ja järjestelmän tarkkaan suunnitteluun, toteuttamiseen, toteutuksen tarkasteluun, sekä tarvittavien muutosten ja parannusten tekemiseen. Puhutaan myös jatkuvasta parantamisesta. Prosessimaisen toimintamallin soveltamisella laadunhallintajärjestelmän käyttöön on useita etuja. Sen avulla voidaan ymmärtää vaatimukset ja täyttää ne johdonmukaisesti, arvioida prosesseja lisäarvon tuottamisen näkökulmasta, saavuttaa vakuuttava prosessien suorituskyky ja parantaa prosesseja saadun tiedon tarkastelun perusteella. (SFS-EN ISO 9001.)

2.2.2 Laadunhallintajärjestelmäsertifikaatti

Laadunhallintasertifikaatilla osoitetaan ulkopuolisille, että sertifioidussa organisaatiossa vaaditut asiat ja toiminnot ovat standardin vaatimalla tasolla. Sertifikaatin saa, kun hakuhetkellä voimassa olevan ISO 9001 -standardin vaatimukset on täytetty. Yksinkertaistettuna organisaatiolta vaaditaan olemassa oleva laadunhallintajärjestelmä, joka vie organisaatiota kohti asettamia tavoitteita. (Pesonen 2007, 221.) Sertifikaatista koituvia hyötyjä organisaatiolle ovat muun muassa sen tunnustettavuus ympäri maailman, mikä auttaa kansainvälisessä kilpailussa sekä sertifikaatti tukee yrityskuvan rakentamisessa ja

kertoo asiakkaille, että tässä organisaatiossa toimitaan asiakaslähtöisesti ja järjestelmällisesti laadun kehittämisessä. (Pro Laadunhallinta 2021.)

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Opinnäytetyö perustui kirjallisuudesta ja asiantuntijahaastatteluista kerättyyn tietoon. Opinnäytetyöraportissa hyödynnetyn aineiston keräykseen käytettiin Finna-hakupalvelua, Google Scholaria, haastatteluja ja google-hakupalvelua. Finna-hakupalvelun avulla etsittiin alaan ja tutkimusongelmaan liittyvää kirjallisuutta ja artikkeleita muun muassa tuulimittauksista ja prosesseista. Google Scholarin avulla etsittiin aiheeseen liittyviä artikkeleita. Google-hakupalvelun avulla etsittiin esimerkiksi ministeriöiden ja eri valtion viranomaisten ohjeistuksia liittyen tuulivoimarakentamiseen sekä artikkeleita tuulivoimasta. Suomen tuulivoimayhdistyksen internetsivut toimivat myös yhtenä lähteenä. Lisäksi lähdeaineistoon kuuluu Finlexistä löytyviä lakeja. Googlen avulla etsittiin myös aiheeseen liittyviä opinnäytetöitä.

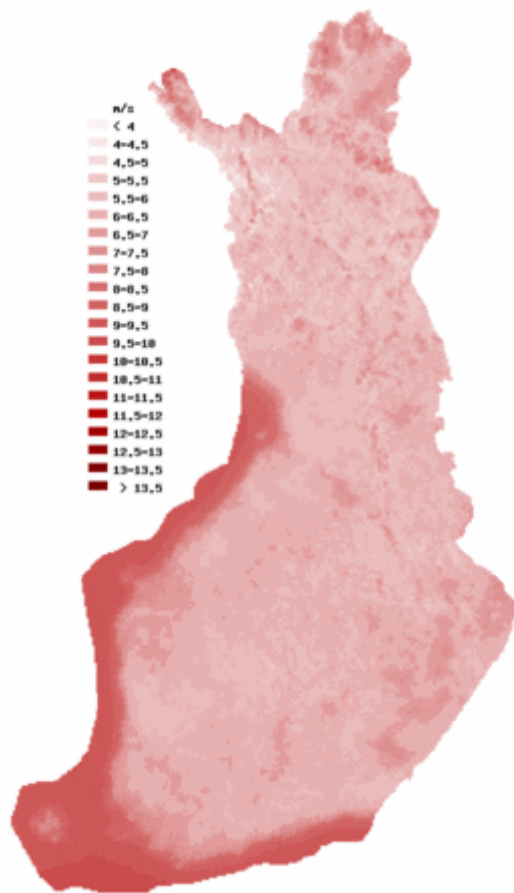
Työssä haastateltiin Wpd Finland Oy:n työntekijöitä. Haastateltavat henkilöt toimivat projektipääällikköinä tai -kehittäjinä yrityksessä ja ovat oman alansa asiantuntijoita. Haastateltavat henkilöt määritettiin toimeksiantajan puolesta. Haastattelumuotona käytettiin puolistrukturoitua haastattelua. Haastattelut suoritettiin Teams-ohjelman välityksellä. Ennen haastatteluja valmisteltiin kysymykset haastateltavasta aiheesta, joihin haluttiin vastauksia. Haastattelut nauhoitettiin OneDriveen ja nauhoitteet analysoitiin jälkikäteen. Haastattelutilanne eteni omalla painollaan, ja etukäteen laaditut kysymykset loivat rungon. Vastaukset olivat vapaamuotoisia.

4 TUULIVOIMAHANKKEEN VAIHEET

Tuulivoimahanke voimaloiden sijoittamisen suunnittelemisesta tuotannon käynnistämiseen kestää useimmiten monta vuotta ja sisältää useita eri vaiheita, jotka toteutetaan osittain päällekkäin. Tuulivoimahankkeen toteutus voi lähteä liikkeelle usealla eri tavalla. Hanke voidaan esimerkiksi käynnistää yrityksen tarpeesta etsiä ja perustaa uusi tuulivoimapuisto. On olemassa myös tarjouskilpailuja, joissa ulkopuolinen taho tarjoaa maitaan tuulivoimapuiston rakentamista varten. Tuulivoimahankkeen yhteydessä voidaan puhua greenfield- tai esimerkiksi brownfield-hankkeesta. Greenfield-hankkeessa tuulivoimaloille etsitään koskematonta sijoituskohteita, mihin ei vielä mahdollisesti ole rakennettu infrastruktuuria. Brownfield-hankkeissa alueelta löytyy jo rakennettua infrastruktuuria, mikä tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Lähtipä hanke liikkeelle millä tavalla tahansa, siitä on tunnistettavissa seuraavaksi käsiteltävät vaiheet.

4.1 Esiselvitysvaihe

Tuulivoimahankkeen toteutus alkaa esiselvitysvaiheella. Esiselvityksen tarkoituksena on sopivan sijoituskohteen löytäminen tuulivoimaloille. Sijoituskohteita arvioitaessa otetaan huomioon muun muassa alueella vallitsevat tuuliolot, infrastruktuuri, maankäyttö ja ympäristö. Esiselvityksen aikana arvioidaan myös projektin tekniset, taloudelliset ja maankäytölliset toteutusedellytykset. Arviointi laaditaan esiselvityksen alkuvaiheessa todetulle potentiaalisimmalle tuulivoimaloiden sijoituskohteelle. Uuden sijoituskohteen etsintä alkaa tutustumalla kartan perusteella muutamiin potentiaalsiin kohtiin. Potentiaalisten sijoituskohteiden etsimisessä käytetään usein avuksi alueellisia tuulisuuskartoituksia. Tällaisia ovat esimerkiksi Suomen tuuliatlas tai kaupallisten toimijoiden tekemät tuulisuuskartoitukset. Tuulisuuskartoituksen avulla voidaan tutkia ja vertailla tuuliolojen vuotuista ja kuukausittaista vaihtelua valituilla alueilla. Kuvassa 1 on esimerkkiote Suomen tuuliatlaksesta. Kuvasta ilmenee vuosittainen keskituulennopeus 100 metrin korkeudella. Esiselvityksen aikana tehdyt selvitykset alueen tuulisuudesta perustuvat useimmiten tietokonepohjaiseen tuulisuusarvioon. Varsinaiset paikanpäällä suoritettavat tuulimittaukset toteutetaan myöhemmin. (Suomen tuulivoimayhdistys ry a 2021.)



Kuva 1. Keskituulen nopeudet Suomessa 100m korkeudella (Suomen tuuliatlas).

4.1.1 Sijoituskohteen valinta

Sopivan alueen valinnassa kiinnitetään huomiota muun muassa seuraaviin asioihin:

1. Alueen tuulisuus
2. Suunniteltavan alueen laajuus
3. Etäisyys olemassa oleviin siirtolinjoihin
4. Alueella oleva tiestö ja sen kunto
5. Maaston tyyppi
6. Alueen käyttörajoitukset
7. Asuinalueiden läheisyys
8. Hankkeen sosiaalinen hyväksyttävyyys.

Alueen tuuliolosuhteet ovat tärkeimpiä asioita paikan valinnassa. Jos ei tuule riittävästi, ei hanketta ole taloudellisesti kannattavaa toteuttaa. Hyvä tuulisuus ei kuitenkaan takaa

hankkeen onnistumista, vaan täytyy ottaa useita muita asioita huomioon. Suunniteltavan alueen laajuus on yhteydessä hankkeen kokoon ja tuottavuuteen. Mitä suurempi alue on, sitä enemmän voimaloita pystytään alueelle suunnittelemaan ja sitä parempi tuotto hankkeelle saadaan. Sijaintia huomioitaessa etsitään alueen lähimmät sähkölinjat ja mahdolliset liittymispisteet, joihin tuulivoimaloiden sähköntuotannon voi liittää. (Brower 2012, 23–24.)

Teiden hyödynnettävyyttä alueella tutkittaessa mietitään muun muassa, ovatko tiet tarpeeksi hyväkuntoisia, täytyykö niitä kunnostaa ja tarvitseeko tehdä mahdollisesti uusia tielinjauksia. Maaston tyyppiä huomioitaessa mietitään tarvittavien maastonmuokkauksien laajuutta hankkeen toteuttamiseksi sekä pystyykö voimaloita sijoittamaan kyseiseen maastoon. Alueen käyttörajoitukset voivat estää hankkeen etenemisen ennen sen alkua. Käyttörajoituksia alueille luovat esimerkiksi puolustusvoimien toiminta, alueella sijaitsevat suojeltavat eläimet, linnusto sekä kasvisto tai suojelualueet. (Brower 2012, 23–24; Ympäristöministeriö 2016.)

Hankkeen sijoitusta suunniteltaessa selvitetään, että säädetyt melu- ja välkerajat ovat sallitulla tasolla. Valtioneuvoston tuulivoimameluasetuksessa (1107/2015, tuulivoimaloiden meluasetus) on säädetty sallitut melutasot tuulivoimalalle, jotka ilmenevät kuvassa 2. Välkevaikutusten arvioinnissa suositellaan käytettäväksi muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisessa. (Ympäristöministeriö 2016, 84.) Hankkeen sosiaaliset vaikutukset ovat yksi iso tekijä tuulivoimahankkeen etenemisessä. Tutkittavalla alueella sijaitsevat ihmiset sekä kunnan päättäjät voivat vaikuttaa hankkeen etenemiseen myönteisesti tai kielteisesti. Hankkeen suunnittelussa tulisi mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon hankkeen vaikutuksen alle jäävien ryhmien mielipiteitä.

	ulkomelutaso LAeq päivällä klo 7–22	ulkomelutaso LAeq yöllä klo 22–7
pysyvä asutus	45 dB	40 dB
loma-asutus	45 dB	40 dB
hoitolaitokset	45 dB	40 dB
oppilaitokset	45 dB	—
virkestysalueet	45 dB	—
leirintäalueet	45 dB	40 dB
kansallispuistot	40 dB	40 dB

Kuva 2. Tuulivoimaloiden melurajat (Ympäristöministeriö 2016).

Alueen valintaa helpottamaan ja sen yleiseen suunnitteluun käytetään QGIS-, ArcGIS- tai muuta paikkatieto-ohjelmistoa. Sen avulla pystytään vertailemaan eri alueita halutuilla kriteereillä. QGIS:iin pystytään luomaan karttapohja tutkittavista alueista. GIS-ohjelmistoon voidaan lisätä esimerkiksi seuraavat datat (Brower 2012, 25.):

- Tuulisuuskartat
- Pinnanmuotoja kuvaava data
- Maastodata (Kasvillisuus/maaston käyttö)
- Vesistöt
- Hallinnolliset rajat
- Ulkopuolelle jäävät alueet, kuten luonnon puistot, sotilasalueet, kaupunkialueet ym.
- Rakentamisrajoitusvyöhykkeet
- Lintujen muuttoreitit
- Rakennukset ja muut huomiota vaativat rakennelmat
- Tiet, rautatiet, polut
- Sähkön siirtolinjat ja sähköasemat
- Putkilinjat (maakaasu, öljy)
- Tutkavaikutuksiin ja ilmailuun liittyvät rajoitusalueet
- Kilpailevat tai lähellä sijaitsevat projektit.

4.1.2 Maastotutkimukset

Hankkeen esiselvitysvaiheessa toteutetaan maastotutkimuksia ja vierailaan mahdollisissa sijoituskohteissa. Maastotutkimuksien avulla saadaan parempi näkemys alueesta ja sen ympäristöstä. Esiselvityksen aikana tehtävissä maastotutkimuksissa kiinnitetään yleensä huomiota ainakin seuraaviin asioihin (Brower 2012, 29-30.):

- Suunniteltavalle alueelle pääsy
- Hankealueen maasto sekä maaston muokkaustarpeet
- Mahdolliset hankkeen maisemalliset vaikutukset ja äänivaikutukset (Alueen maisemallinen merkitys, asutus)
- Mahdolliset alueen kulttuuriset, ympäristölliset, historialliset tai muut vastaavat merkitykset.

4.1.3 Hankkeen tekninen esisuunnittelu ja sijoitussuunnittelu

Esiselvityksen aikana tehdään hankkeen tekninen esisuunnittelu, jonka aikana suunnitellaan alustavat voimalakorkeudet sekä voimaloiden teho ja määrä. Alustavat voimalasuunnitelmat saattavat muuttua hankkeen edetessä ja tarkempi tekninen suunnittelu

tehdään hankkeen myöhemmässä vaiheessa. Suunnittelujen perusteella voidaan toteuttaa melumallinnukset ja välkemallinnukset, joita tarvitaan muun muassa kaavoitusvaiheessa. Lisäksi suoritetaan kuvantaminen eli mallinnetaan tulevat voimalat maisemaan tietokoneohjelman avulla. (Piekkola & Strömgård 2021.) Turbiinien sijoittelua suunniteltaessa tulee ottaa huomioon aikaisemmin sijoituskohteen valinnan aikana esiin tulleiden tekijöiden lisäksi (Suomen tuulivoimayhdistys ry a 2021.):

- Suunniteltujen voimaloiden suojaetäisyydet erilaisiin alueisiin/kohteisiin
- Voimaloiden välilleen tarvitsema etäisyys
 - Sijoitusetäisyys määräytyy usean tekijän, kuten turbiinin koon, voimaloiden lukumäärän ja voimaloiden sijoituskuvion perusteella
- Tuotannon optimointi – alueen tuuliolosuhde-erot
- Hankealueen ja sen lähialueiden maanomistusolosuhteet ja kiinteistöjen rajat.

Voimaloiden tarkempi tekninen suunnittelu tapahtuu hankkeen myöhemmässä vaiheessa. Tekninen esisuunnittelu toteutetaan esiselvityksen aikana selvinneiden tietojen perusteella ja suunnitelmaa käytetään hyödyksi luvitusprosessin aloituksessa. (Wpd AG.)

4.1.4 Lausunnot ja luvat

Tuulivoimaloiden tiedetään aiheuttavan haittaa erityisesti ilmavalvonnan tutkajärjestelmille. Tuulivoimalat voivat aiheuttaa häiriöitä tutkajärjestelmiin, jotka näkyvät esimerkiksi varjostamisena tai ei-toivottuina heijastuksina. Hankkeen esiselvitysvaiheessa haetaan lausunnot hankkeen hyväksyttävyydestä STUVE Oy:ltä ja puolustusvoimilta. Puolustusvoimien lausuntoa varten tarvitaan suunnittelualueesta tarkat tiedot tuulivoimaloittain, joista näkyy muun muassa sijoituspaikat koordinaatteina, tuulivoimaloiden rakennetiedot sekä korkeus maa- tai merenpinnasta. Jos puolustusvoimat arvioivat hankkeella olevan vaikutuksia puolustusvoimien valvontajärjestelmiin, tulee hankkeesta toteuttaa myös tutkavaikutusselvitys. Tutkavaikutusselvityksen toteuttaa VTT. Puolustusvoimien lausuntopyyntö hankkeesta tulee lähettää sähköpostitse osoitteeseen kirjaamo.pe@mil.fi ja tuulivoimalausunnot@mil.fi. Tarkemmat ohjeet löytyvät puolustusvoimien sivuilta. STUVE Oy:n lausunto pyydetään osoitteesta asiakaspalvelu.stuve(at) erillisverkot.fi. (Ympäristöministeriö 2016, 96–97; Suomen tuulivoimayhdistys ry b 2021.)

Hankkeen alkuvaiheessa on myös hyvä hakea lentoestelausunto hankkeelle. Tällä tavoin selviää onko hankealueella voimaloiden korkeutta rajoittavia tekijöitä tai voiko alueelle ylipäätään rakentaa. Lentoestelausuntoa haetaan Finntraffic:in verkkosivuilta. (Piekkonen & Strömgård 2021.)

4.1.5 Alustavat neuvottelut verkonhaltijan kanssa

Alustavat neuvottelut verkonhaltijan kanssa aloitetaan, kun hankkeesta on tiedossa sijainti ja alustava voimarakapasiteetti. Verkonhaltijaan otetaan yhteys ja ilmoitetaan alustavat tiedot hankkeesta sisältäen hankkeen laitosten tehon, tyypin ja sijainnin. Neuvottelujen aikana tarkastellaan liittymisvaihtoehtoja eli liittymispisteitä ja -tapoja, joilla tuulivoimaloiden tuotannon voi lisätä sähköverkkoon. Lisäksi tarkastellaan liittymän teknisiä reunaehtoja. Tämän jälkeen tuulivoimatoimija alkaa suunnittelemaan ratkaisua, jolla sähkö tuodaan liittymispisteelle eli rakennetaanko liittymispisteelle ilmajohto vai riittääkö esimerkiksi maakaapelointi. (Fingrid a.)

Hanketoimijan tulee ottaa huomioon voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset (VJV) suunnitellessaan turbiinien hankintaa sekä verkkoonliityntää. Voimalaitosten, joiden nimellisteho on yli 0,8 kW, tulee täyttää VJV liittyessään Suomen voimajärjestelmään. VJV:n avulla taataan, että voimalaitos kestää voimajärjestelmän aiheuttamat jännite- ja taajuusvaihtelut eikä laitos aiheuta häiriöitä järjestelmään sekä toimii luotettavasti vaihtelevissa käyttötilanteissa. VJV:n täyttyminen sekä vaatimusten toteen näyttäminen ovat liittymän vastuulla, mikä kannattaa huomioida esimerkiksi voimalaitostoimittajasopimuksia laatiessa. (Fingrid b.)

4.1.6 Maanvuokraus

Tuulivoimahankkeen toteuttajan tulee hankkia oikeudet maankäyttöön suunnitellulle voimala-alueelle. Lain mukaan Suomessa saa rakentaa ainoastaan alueelle, jonka hallintaoikeus on rakennuttajalla. Yleensä maankäyttöoikeudet toteutetaan vuokraamalla tarvittava maa-alue maanomistajalta. Esiselvitysvaiheessa saatetaan tehdä kevyempi sopimus maankäyttöoikeudesta, joka myöhemmin muutetaan maanvuokrasopimukseksi tai sopimukseksi rajoitetun maankäyttöoikeuden korvauksesta, kun alue on todettu soveltuvaksi hankkeelle. (Suomen tuulivoimayhdistys ry c 2021.)

Tuulivoimalan roottorin lapojen läpi kuljettuaan tuuli tarvitsee olosuhteista riippuen joitakin satoja metrejä, jotta se kiihtyy uudelleen täyteen vauhtiinsa. Tämän takia tuulivoimaloita ei voi sijoittaa liian lähemmäksi ja tästä johtuen tuulivoimapuistot ovatkin melko laajoja alueita. Itse tuulivoimaloiden väliin jääviä alueita kutsutaan rakennusrajoitusalueiksi, koska alueelle ei voi rakentaa muita tuulivoimaloita tai korkeita rakennuksia tuulivoimaloiden välilleen tarvitseman etäisyyden vuoksi. Tästä johtuen alalla on vakiintunut käytäntö, jolla maksetaan korvausta tuulivoimalan varsinaisen sijoituspaikan lisäksi myös rakennusrajoitusalueen maanomistajille. Suomen tuulivoimayhdistys suosittelee, että korvausta maankäytöstä maksetaan viisinkertaisesti roottorin halkaisijaa vastaavalta alueelta. (Mikkonen & Paalatie 2019.)

4.2 Kaavoitus ja ympäristövaikutusten arviointi

Suomessa maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999, MRL) asettaa puitteet kaikelle rakentamiselle. Kaavoitus perustuu systeemiin, jossa yleispiirteisempi kaava ohjaa yksityiskohtaisempaa kaavaa. Maakuntakaava on kaavoista yleispiirteisin. Maakuntakaava ohjaa yleiskaavan sisältöä ja yleiskaava taas ohjaa yksityiskohtaisinta kaavamuotota eli asemakaavaa. Maakuntakaavan laatii maakunnan liitto ja yleis- ja asemakaavan laatimisesta huolehtii kunta. (Ympäristöministeriö 2016, 19.)

Tuulivoimahankkeen toteuttaminen edellyttää hankkeen laadusta ja sijaintipaikasta riippuen joko tuulivoimaosayleiskaavaa, asemakaavaa tai suunnittelutarveratkaisua. Kaavaratkaisut eivät voi kuitenkaan olla ristiriidassa keskenään. Lisäksi tuulivoiman kaavoittamisessa pitää huomioida maakuntakaavan ohjausvaikutukset. Vuonna 2011 voimaan tulleen maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen (134/2011, pykälät 77a-77c) perusteella rakennusluvan voi tietyin edellytyksin myöntää tuulivoimalalle suoraan yleiskaavan perusteella. Hankekehittäjä tekee yleensä aloitteen kaavan laatimisesta, mutta yleiskaavan laatimisesta päättää ja vastaa aina kunta. (Suomen tuulivoimayhdistys ry d 2021.)

Ympäristövaikutusten arvioinnissa (YVA) tutkitaan ja arvioidaan hankkeen vaikutuksia ympäristöön ja ihmisiin. Kaava voidaan laajentaa täyttämään YVA-lain vaatimukset, jolloin YVA-menettely suoritetaan kaavoituksen yhteydessä. (Suomen tuulivoimayhdistys ry e 2021.)

4.2.1 Maakuntakaava

Maakuntakaavoitus toimii tuulivoimarakentamisen kokonaisuuden ohjaajana. Maakuntakaavan tehtävänä on toimia myös valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden toteuttajana ja merkitykseltään seudullisten alueidenkäyttökysymysten ratkaisijana. Tämä tulee ottaa huomioon, kun harkitaan maakuntakaavoituksessa osoitettavien tuulivoima-alueiden kokoa. Yleensä vähintään 8-10 tuulivoimalan kokonaisuuksilta edellytetään sijoituspaikan osoitusta maakuntakaavassa. Tuulivoimala-alueen merkintä maakuntakaavassa on pääsääntöisesti tuulivoimaloiden alue (tv). (Ympäristöministeriö 2016, 23–26.)

Maakuntakaavoitus ohjaa yleiskaavan ja asemakaavan laatimista ja muuttamista. Maakuntakaavassa osoitettujen tuulivoima-alueiden laajuutta ja sijaintia voidaan yksityiskohtaisemmassa kaavassa muuttaa. Maakuntakaavan keskeiset ratkaisut ja tavoitteet eivät saa kuitenkaan vaarantua. Maakuntakaavassa ei saa myöskään olla varauksia sellaiseen tarkoitukseen, joka estäisi tuulivoimarakentamisen. Jos kaavaratkaisu on ristiriidassa maakuntakaavassa esitettävän ratkaisun kanssa, tulee maakuntakaavaa muuttaa, mikäli kaavaratkaisu halutaan läpi. (Ympäristöministeriö 2016, 23–26.)

Jos maakunnassa ei ole voimassa kokonaisvaltaisesti tuulivoimaa käsittelevää maakuntakaavaa, voidaan seudullisesti tai kunnallisesti merkittävä tuulivoima-alue osoittaa kuntakaavassa. Tällaisissa tapauksissa ja pääsääntöisesti aina kuntakaavaratkaisuja laatiessa tulee ottaa huomioon, ettei ratkaisu ole voimassa olevan maakuntakaavan tavoitteiden ja sisällön vastainen. (Ympäristöministeriö 2016, 23–26.)

4.2.2 Yleiskaava

Yleiskaava toimii kunnan tai sen osan yhdyskuntarakenteen ja maankäytön yleispiirteisenä ohjaajana. Lisäksi yleiskaavan tavoitteisiin kuuluu kunnan toimintojen yhteensovittaminen. Yleiskaava osoittaa kunnan alueidenkäyttötavoitteet sekä ohjaa asemakaavoituksen toteuttamista. MRL 39 § määrittää yleiskaavan sisältövaatimukset, jotka on huomioitava siinä määrin kuin tekeillä olevan yleiskaavan ohjaustavoite ja tarkkuus sitä edellyttävät. MRL 42 §:n perusteella yleiskaavan linjaa tulee seurata laaditaessa asemakaavaa sekä ryhdyttäessä muihin toimenpiteisiin alueiden käytön järjestämiseksi. Suunnitellessaan alueiden käyttöä koskevia toimenpiteitä viranomaisten tulee huomioida, ettei suunniteltavat toimenpiteet hankaloita yleiskaavan toteutumista. MRL 43 § asettaa ehdot

rakentamis- ja toimenpiderajoituksille, mikäli hanke vaikeuttaisi yleiskaavan toteuttamista. Pykälän perusteella yleiskaavassa voidaan määrätä noudatettavat rakentamis- ja toimenpiderajoitukset. (Ympäristöministeriö 2016, 26–27; Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.)

4.2.3 Tuulivoimaa ohjaava yleiskaava

1.4.2011 astui voimaan yleiskaavan käyttöä tuulivoimarakentamisessa ohjaava MRL:n muutos. Muutoksen perusteella rakennuslupa tuulivoimaloille voidaan tietyin edellytyksin myöntää suoraan tuulivoimarakentamista ohjaavan yleiskaavan perusteella. Ote laista:

Tuulivoimarakentamista koskevat erityiset säännökset

77 a § Yleiskaavan käyttö tuulivoimalan rakennusluvan perusteena

Rakennuslupa tuulivoimalan rakentamiseen voidaan 137§:n 1 momentin estämättä myöntää, jos oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa on erityisesti määrätty kaavan tai sen osan käyttämisestä rakennusluvan myöntämisen perusteena.

77 b § Tuulivoimarakentamista koskevan yleiskaavan erityiset sisältövaatimukset

Laadittaessa 77 a §:ssä tarkoitettua tuulivoimarakentamista ohjaavaa yleiskaavaa on sen lisäksi, mitä yleiskaavasta muutoin säädetään, huolehdittava siitä, että:

- 1) yleiskaava ohjaa riittävästi rakentamista ja muuta alueiden käyttöä kyseisellä alueella;
- 2) suunniteltu tuulivoimarakentaminen ja muu maankäyttö sopeutuu maisemaan ja ympäristöön;
- 3) tuulivoimalan tekninen huolto ja sähkönsiirto on mahdollista järjestää. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.)

Tuulivoimarakentamista ohjaavaa yleiskaavaa laatiessa tulee ottaa huomioon yleiskaavan yleiset sisältövaatimukset ja lisäksi MRL 77 b §:n edellyttämät erityiset sisältövaatimukset. Käytännössä tuulivoimarakentamista ohjaavan yleiskaavan tulee ohjata riittävästi rakentamista ja muuta maankäyttöä alueella. Alueella, jonne suunnitellaan tuulivoimarakentamista suoraan ohjaavan yleiskaavan käyttöä, ei saa olla sellaista maankäyttöä, joka vaatisi asemakaavoituksen ja tuulivoimarakentamisen yhteensovittamista. Tuulivoimarakentamista suoraan ohjaava yleiskaava soveltuu tuulivoimarakentamisen

ohjaukseen alueilla, joiden läheisyydessä ei sijaitse taaja-asutusta tai muuta siihen rinnastettavaa tai erityispiirteitä omaavaa maankäyttöä. (Ympäristöministeriö 2016, 28–32.)

4.2.4 Asemakaava

Asemakaava laaditaan alueiden käytön yksityiskohtaista järjestämistä, rakentamista ja kehittämistä varten. Asemakaava ohjaa ja osoittaa rakentamista ja muuta alueen maankäyttöä paikallisten olosuhteiden ja vallitsevien vaatimusten mukaan. Tuulivoimarakentamiseen liittyen asemakaavaa tulee käyttää suunnittelun työkaluna, jos tuulivoimarakentamisen yhteensovittaminen alueelle edellyttää tarkkaa suunnittelua muuhun maankäyttöön nähden sekä kaavan vaikutusten arviointi perusteellista sijainnin määrittelyä esimerkiksi meluvaikutusten vuoksi. Asemakaavaa sovelletaan tuulivoimarakentamiseen esimerkiksi taajamien läheisillä alueilla sekä teollisuus- ja satama-alueilla. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999; Ympäristöministeriö 2016, 33–34.)

4.2.5 Suunnittelutarvealue ja -ratkaisu

MRL 16 §:ssä suunnittelutarvealueesta kirjoitetaan seuraavaa:

Suunnittelutarvealueella tarkoitetaan aluetta, jonka käyttöön liittyvien tarpeiden tyydyttämiseksi on syytä ryhtyä erityisiin toimenpiteisiin, kuten teiden, vesijohdon tai viemärin rakentamiseen taikka vapaa-alueiden järjestämiseen.

Suunnittelutarvealuetta koskevia säännöksiä sovelletaan myös sellaiseen rakentamiseen, joka ympäristövaikutusten merkittävyyden vuoksi edellyttää tavanomaisista lupamenettelyä laajempaa harkintaa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.)

Tuulivoimahankkeen sijoituessa suunnittelutarvealueelle, vaatii hankkeen toteuttaminen sen laadusta ja sijainnista riippuen joko kaava- tai suunnittelutarveratkaisua. Mikäli alueen ja sen ympäristön käyttö ja ympäristöarvot eivät rajoita tuulivoimarakentamista, eikä ympäröivien alueiden käytön ja tuulivoimarakentamisen välillä ole merkittävää yhteensovittamistarvetta, voidaan tuulivoimala tehdä suunnittelutarveratkaisulla. (Ympäristöministeriö 2016, 35–36.)

Suunnittelutarveratkaisua haetaan kunnalta. Maankäyttö- ja rakennusasetuksen (MRA) 85 §:n mukaan hakemukseen on liitettävä ympäristökartta, josta selviää alueen sijainti, asemapiirros, josta käyvät ilmi rakentamissuunnitelmat rakennuspaikalla,

rakennuspaikan hallinnan osoittava asiakirja tai muu peruste hakea suunnittelutarveratkaisua sekä selvitys asianomaisten kuulemisesta. Hakemuksessa on myös esitettävä arvio hankkeen vaikutuksista sekä perustelut hakemukselle. (Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999.)

MRL 137 §:n mukaan rakennusluvan myöntäminen suunnittelutarvealueelle sijoittuvalla tuulivoimalalla edellyttää, että rakentaminen ei aiheuta haittaa asemakaavoitukselle, yleiskaavoitukselle tai alueiden käytön muulle järjestämiselle, ei haittaa alueen yhdyskuntakehitystä ja on sopivaa maisemalliselta kannalta eikä vaikeuta erityisten luonnon- tai kulttuuriympäristön arvojen säilyttämistä eikä virkistystarpeiden turvaamista. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999). Rakentaminen suunnittelutarvealueella ei saa johtaa vaikutuksiltaan merkittävään rakentamiseen tai aiheuttaa merkittäviä haitallisia vaikutuksia. Tästä johtuen suuremmat tuulivoimahankkeet vaativat yleensä yksityiskohtaista kaavoitusta. (Ympäristöministeriö 2016, 37.)

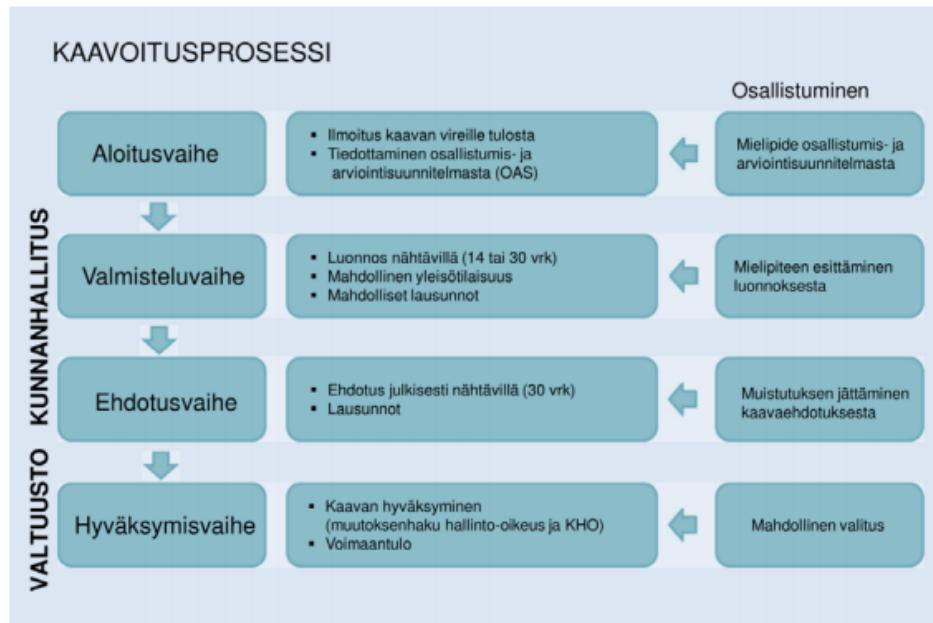
4.2.6 Kaavoitusprosessi

Kaavoitusprosessi koostuu kaavan vireilletulovaiheesta, valmisteluvaiheesta, ehdotusvaiheesta, hyväksymisvaiheesta ja kaavan voimaantulovaiheesta. Kaavoitusprosessi lähtee käyntiin kaava-aloitteesta ja kaavan vireille tulosta päättää kunta. Kaavahankkeen valmisteluvaiheessa laaditaan osallistumis- ja arviointisuunnitelma (OAS), jossa kuvataan työn tavoitteet ja lähtökohdat, miten kaavoituksen valmistelu ja päätöksenteko etenee, miten kaavan valmisteluun pystyy osallistumaan ja miten kaavan vaikutuksia tullaan arvioimaan. OAS:n pohjalta laaditaan kaavaluonnos. OAS ja kaavaluonnos asetetaan nähtäville 14-30 vrk:n ajaksi kuulemista varten. (Kauhavan kaupunki.)

Ehdotusvaiheessa OAS:n ja kaavaluonnoksen nähtävilläolon ja viranomaisten kommenttien jälkeen tarkistetaan tarvittaessa kaavasunnitelmaa. Tämän jälkeen laaditaan kaavaehdotus, joka asetetaan nähtäville vähintään 14-30 vrk:n ajaksi riippuen kaavan merkittävydestä. Nähtävilläoloaikana kaavan osallinen voi antaa kaavasta kirjallisen muistutuksen/lausunnon, johon kaavoittaja määrittää vastineen. Kaavaehdotuksesta pyydetään myös viralliset lausunnot viranomaisilta ja tahoilta, joiden toimialaa kaavassa käsitellään. (Kauhavan kaupunki.)

Ehdotusvaiheen päätyttyä kaava hyväksytään. Kaavan hyväksymispäätöksestä voi valittaa hallinto-oikeuteen 30 vrk:n kuluessa. Mikäli valituksia ei ole tullut valitusajan

puitteissa, kaavan voimaantulosta kuulutetaan. Kaava astuu voimaan kuulutusten yhteydessä. (Kauhavan kaupunki.) Kuvassa 3 kaavaprosessi yksinkertaistettuna.



Kuva 3. Kaavoitusprosessi (Lopen kunta 2017).

4.2.7 Ympäristövaikutusten arviointimenettely

Tuulivoimahanke vaatii aina YVA-lain mukaisen menettelyn, kun hankkeen koko on yli 10 voimalaa tai kokonaisteho yli 45 MW. ELY-keskus voi myös päättää, että edellä mainittua rajaa pienempiin tuulivoimahankkeisiin sovelletaan YVA-menettely. YVA-menettely tukee suunnittelu- ja päätöksentekoprosessia tuottamalla hankkeen ympäristövaikutuksiin liittyvää tietoa. Ympäristövaikutusten arviointi ei itsessään ole päätöksentekomenettely. YVA-menettelyllä pyritään vähentämään haitallisten ympäristövaikutusten syntymistä sekä sovittamaan yhteen eri näkökulmia ja tavoitteita. (Suomen tuulivoimayhdistys ry e 2021.)

YVA-menettely on kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa hankkeen toteuttaja laatii ja toimittaa ympäristövaikutusten arviointiohjelman yhteysviranomaiselle. Yhteysviranomaisena on alueellinen ELY-keskus. Arviointiohjelmassa käsitellään hankkeen toteuttamisvaihtoehdot, mitä hankkeen vaikutuksia tullaan selvittämään, miten arviointi toteutetaan ja miten osallistuminen järjestetään. YVA-ohjelman sisältövaatimukset määritetään YVAA(valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä) 3 §:ssä.

Ohjelma on laatimisen jälkeen nähtävillä 30 vrk mielipiteitä ja lausuntoja varten. Yhteysviranomaisen antaa arviointiohjelmasta lausuntonsa ja hankevastaava selvittää yhteysviranomaisen lausuntoon ja arviointiohjelmaan tukeutuen hankkeen eri vaihtoehtojen vaikutukset sekä laatii ympäristövaikutusten arviointiselostuksen. YVAA 4 §:ssä määritetään arviointiselostuksen sisältövaatimukset YVA-selostus on nähtävillä 30-60 vrk:tta mielipiteitä ja lausuntoja varten. YVA-menettely päättyy, kun yhteysviranomaisen antaa perustellun päätelmänsä arviointiselostuksesta ja sen riittävydestä. Kuvassa 4 yksiker-taistettu versio YVA-menettelyn kulusta. (Ympäristöministeriö 2016, 43; Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 277/2017.)



Kuva 4. YVA-menettelyn vaiheet (YVA ry 2018).

YVA-menettelyssä selvitetään hankkeen vaikutukset ympäristöön sekä lähialueen asuk-kaille ja toiminnoille. Wpd Finland Oy:n Nuolivaaran tuulipuiston YVA-tarkastelussa selvitettiin hankkeen mahdollisia vaikutuksia seuraaville kohteille (SITO Oy 2017.):

- Ihmiset, elinkeinot ja viihtyvyys
- Melu ja varjon välkkyminen
- Maankäyttö ja kaavoitus
- Poronhoito
- Luonnonvarat
- Metsästys
- Maisema ja kulttuurihistoriallinen ympäristö ja muinaisjäännökset
- Kasvillisuus

- Linnusto
- Muu eläimistö
- Natura-alueet, luonnonsuojelualueet ja suojeluohjelmien alueet
- Luonnonolot
- Liikenne
- Viestintäyhteydet, tutkat, puolustusvoimat
- Ilmasto ja ilmanlaatu
- Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa.

4.2.8 Kaava- ja YVA-menettely yhdessä

YVA-menettely voidaan toteuttaa kuntakaavoituksen yhteydessä siten kuin maankäyttö- ja rakennuslaissa säädetään, jolloin erillistä YVA-menettelyä ei tarvita. Ympäristövaikutusten arviointilain (YVAL) 5 §:n mukaan hankkeen ympäristövaikutukset voidaan arvioida ympäristövaikutusten arviointimenettelyn sijaan muun lain mukaisessa menettelyssä, jos vaikutukset tulevat selvitettyiksi YVAL 15-21, 23 ja 24 §:ssä tarkoitetulla tavalla. Eli käytännössä samalla tarkkuudella ja tavalla kuin edellä käyty ympäristövaikutusten arviointimenettely. Yhteismenettelyssä YVA-menettelyssä tehtyjä selvityksiä hyödynnetään kaavoituksessa tarvittaviin selvityksiin sekä molempien prosessien kuulemiset järjestetään yhtä aikaa. Kuvassa 5 havainnoidaan yhteismenettelyä. (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017; Ympäristöministeriö 2020.)



Kuva 5. Hanke-YVA kaavamenettelyssä (Ympäristöministeriö 2020).

4.2.9 Sosiaalinen hyväksyttävyyden

Hankkeen sosiaalinen hyväksyttävyyden parantaminen on tärkeä osa tuulivoimahankeita ja vaikuttaa merkittävästi sen toteuttamiseen. Hankkeen aikana on hyvä aloittaa ja tarjota ihmisille mahdollisuus osallistua hankkeeseen ja saada siitä lisätietoa. Osallistamistilaisuuksia kannattaa järjestää niin kunnan päättäjille kuin asukkaillekin. Osallistamiskeinoja kunnan päättäjille voivat olla esimerkiksi bussikuljetukset tuulivoimaloille sekä iltakoulut, jossa päättäjät saavat todennukaista tietoa tuulivoimasta. Kunnan asukkaille voidaan järjestää esimerkiksi YVA:n kuulemisajankohtien aikana ja myös muulloinkin mahdollisuuksien mukaan tilaisuuksia, johon voi tulla kyselemään lisätietoja hankkeesta ja muista mieltä askarruttavista asioista. Yksi hyvä tapa on perustaa InfoDesk-tyylinen piste esimerkiksi kirjastoon, johon ihmiset voivat tulla keskustelemaan aiheesta. (Elo & Lappalainen 2021.)

4.3 Tuulimittaukset

Paikan päällä toteutettavat tuulimittaukset ovat hankkeen tärkeimpiä indikaattoreita sen kannattavuudesta. Tuulimittaukset toteutetaan korkeisiin meteorologisiin mastoihin liitettyillä mittausvälineillä sekä rinnalla käytetään myös SODAR- ja/tai LIDAR-mittauksia

tukemaan mittaustuloksia. Tuulimittaukset kestävät yleensä vähintään vuoden, mutta tarkkojen mittaustuloksien saamiseksi mittauksia jatketaan usein useampi vuosi. Saatua mittaustuloksia verrataan alueelta saatavaan pitkän aikavälin mittaustuloksiin, jos dataa löytyy, jotta saadaan selville onko tuulisuus heikompaa vai parempaa kuin yleensä. Näin saadaan ympärivuotisesta tuulisuudesta varmasti tarkka kuva ja sen perusteella luotettavammin arvioitua hankkeen energiantuottoarviota. (Brower 2012; Paalatie 2019.)

4.3.1 Yleisimmät mitattavat parametrit

Perusparametrit, joita mitataan, ovat horisontaalinen ja vertikaalinen tuulen nopeus, tuulen suunta, ilman lämpötila ja ilmanpaine. Horisontaalinen tuulen nopeus erityisesti voimalan konehuoneen (hub height) korkeudella on yksi on yksi tärkeimmistä tekijöistä selvittäessä alueen tuuliolosuhteita. Tietämällä vertikaalinen tuulen nopeus, pystytään paremmin arvioimaan horisontaalisen tuulen nopeus. Vertikaalisen tuulen nopeuden tunnistaminen auttaa lisäksi turbiinin kuormitus- ja soveltuvuuslaskelmissa, koska ei-horisontaalisesti puhaltavat voimakkaat tai toistuvat tuulet voivat aiheuttaa vahingollista kuormitusta ja kulumista voimalan lavoissa. Tuulen suunnan selvittäminen on tärkeä osa tuulimittauksia. Tietämällä tuulen suunta pystytään selvittämään tuulen jakautuminen sijoitusalueella ja päättämään parhaat paikat tuulivoimaloille. Tuulipuistoalueella vallitseva ilman lämpötila on tärkeä tieto. Lämpötilaa käytetään arvioimaan ilman tiheys, joka vaikuttaa tuulivoimalan tehon laskentaan. Lämpötilatietoja käytetään myös tunnistamaan olosuhteita, joissa voi tapahtua jäätämistä. (Brower 2012, 37–48.)

4.3.2 Tuulimittausten ajankohta

Tuulimittausten aloitusajankohta vaihtelee hankkeesta riippuen. Mastomittaukset aloitetaan, kun hankkeeseen liittyvän kaavan hyväksyminen on näköpiirissä ja hankkeen toteuttaminen näyttää sen suhteen todennäköiseltä. Jos esiselvitysvaiheessa todetaan, että hankkeen tuulisuus näyttää hieman epävarmalta tuulisuuskartoitusten perusteella, aloitetaan mittaukset SODAR-mittauslaitteella heti kun maanvuokrasopimuksia on allekirjoitettu ja kuntaa informoitu potentiaalisesta hankkeesta. SODAR-mittauslaitteella saadaan perusidea tuulisuudesta melko nopeasti. Jos tuulisuuskartoitusten avulla todetaan, että tuulisuus alueella on hyvä, ei SODAR-mittauslaitetta tarvitse viedä alueelle ennen mastomittauksien alkamista. Syy miksi mastomittaukset aloitetaan vasta

kaavoitusprosessin loppupuolella on täysin taloudellinen. Mastolla suoritettavat tuulimitaukset maksavat paljon verrattuna hankkeen kaavoitusprosessiin. Jos kaava ei menekään läpi ja tuulimitaukset mastolla on aloitettu hankkeen alkuvaiheessa, on tuulimitauksiin sijoitettu pääoma kulutettu turhaan. (Stenberg 2021.)

4.3.3 Yleisimmät tuulimittausmastossa käytettävät mittauslaitteet

Yleisimpiä tuulimittausmastosta löytyviä mittalaitteita ovat kuppianemometri, ultraäänianemometri, tuuliviirianturi, ilmanlämpötilamittari sekä ilmanpainemittari. Mittalaitteet voivat olla ilman lämmitystä tai lämmitystoiminnolla riippuen vallitsevista mittausolosuhteista.

Kuppianemometrillä (kuva 6.) mitataan tuulen nopeutta. Kuppianemometri koostuu kolmesta-neljästä kupista, jotka on kiinnitetty pystysuuntaiseen akseliin. Tuulen osuessa kuppeihin, kupit alkavat pyörimään akselin ympäri tuulen liike-energian ansiosta. Anemometrissä sijaitseva anturi muuttaa aiheutuneen pyörimisliikkeen sähköiseksi signaaliksi, jonka jälkeen signaali etenee data loggereille eli datakeräimille. Data loggeri laskee signaalin taajuuden ja muuttaa laskutoimitusten kautta saadun tiedon tuulen nopeudeksi. (Brower 2012, 38.)

Ultraäänianemometrillä (kuva 7.) voidaan mitata tuulen nopeutta ja horisontaalista (2D) sekä vertikaalista (3D) tuulen suuntaa. Ultraäänianemometrissä ei ole liikkuvia osia, vaan anemometri lähettää ultraääniä kiinteiden pisteiden välillä. Anemometri havainnoi kiinteiden pisteiden välissä kulkevan ultraäänin kestoa pisteestä toiseen, joka riippuu tuulen nopeudesta. (Brower 2012, 39.)

Tuuliviirianturia käytetään tuulen suunnan selvittämiseen. Perinteinen tuuliviiri on kytetty pystysuuntaiseen akseliin ja tuuliviiri pystyy pyörimään akselin ympäri. Tuuliviiri kerää tuulensuuntatietoja potentiometrin avulla. Tuulen puhaltaessa eri suunnista tuuliviiri pyörii eri suuntiin. Potentiometri seuraa tuuliviirin pyörimistä. Data loggeriin ohjelmoidaan esiasetukset, joiden avulla loggeri pystyy potentiometriin syötettävän jännitteen avulla laskemaan, missä asennossa potentiometri ja tuuliviiri ovat. Tuuliviirianturi voi toimia myös yhdistelmänä esimerkiksi kuppianemometrin kanssa (Kuva 6.). (Brower 2012, 42–43.)

Lämpötilan mittaukseen käytetään lämpötila-anturia. Käytettävä mittauslaite koostuu yleensä kolmesta osasta: anturista, liitäntälaitteesta ja säteilysuojasta. (Brower 2012, 44.)

Ilmanpainemittari mittaa ilmanpainetta, jota käytetään hyödyksi tuuligradientin (eng. wind shear) laskennassa. Tuuligradientti kuvaa tuulen nopeuden vaihtelua eri korkeuksilla. Tuuligradientin tietäminen on tärkeää, jotta voidaan ennustaa tuulivoimalan lapojen kuormituksia. (Stenberg 2021.)



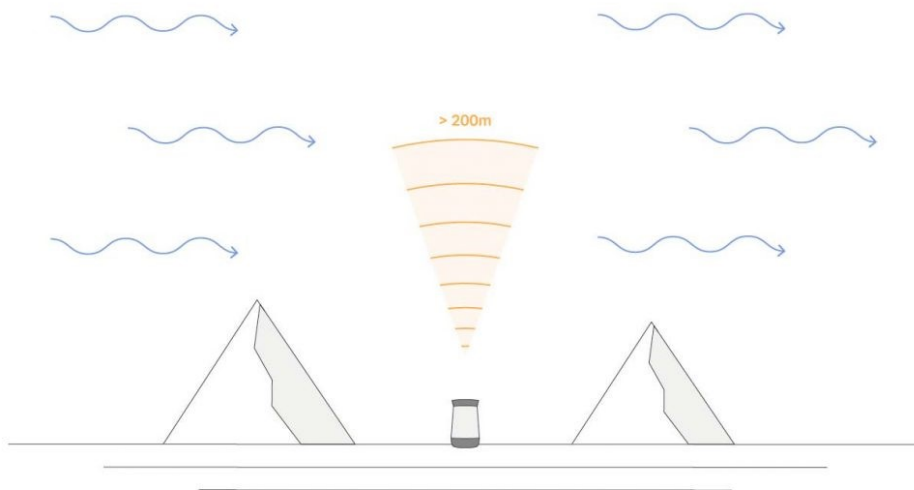
Kuva 6. Yhdistetty kuppianemometri ja tuuliviirianturi (Vaisala a).



Kuva 7. Ultraäänianemometri (Vaisala b).

4.3.4 SODAR

SODAR:in tekniikka perustuu doppler-ilmion mittaamiseen. SODAR-laitteisto toimii lähettämällä akustisia pulsseja taivaalle ja mittaa takaisin heijastuvia kaikuja. Lähetetyn ja vastaanotetun taajuuden erosta lasketaan heijastavan kohteen nopeus ja suunta. SODAR lähettää äänipulsseja kolmeen eri suuntaan. Akustiset pulssit heijastuvat takaisin laitteelle eri tiheysisistä ilmakerrostumista. Takaisin heijastuneet pulssit ja niiden taajuuden muutos mitataan SODAR:in sisältämässä laskentalaitteessa ja tiedot muutetaan tuulen suunnaksi ja nopeudeksi tietyllä korkeudella. SODAR-laitteistolla pystyy mittaamaan tuulen nopeutta ja suuntaa 200 metriin asti. SODAR-mittauksien avulla pystytään arvioimaan myös tuuligradienttia. SODAR on helppo viedä kohteeseen sillä laitteisto on siirrettävissä esimerkiksi peräkärjellä. Periaatekuva SODAR-laitteiston toiminnasta kuvassa 8. (University of Massachusetts Amherst; Haapanen 2010.)



Kuva 8. SODAR-tuulimittaus (AQSystem).

4.3.5 LIDAR

LIDAR-mittaukset perustuvat SODAR-mittausten tavoin doppler-ilmion mittaamiseen. Erona SODAR-mittauksiin on, että LIDAR mittaa tuulen nopeutta ja suuntaa akustisten pulssien sijaan lähettämällä lasersignaaleja taivaalle ja mittaa ilmapartikkeleista takaisin heijastuneita lasersignaaleja ja niiden taajuuden vaihtelua mittalaitteen sensorilla. Myös

LIDAR-laitteistolla pystytään arvioimaan tuulen parametreja jopa 200 metrin korkeuteen asti sekä arvioimaan tuuligradienttia. (RSC Finland Oy.)

4.3.6 Tuulimittausmaston sijoitukseen vaikuttavia tekijöitä

Tuulimittausmaston oikeanlainen sijoitus on tärkeää, jotta hankealueelle saadaan luotua kattava ja luotettava tuuliprofiili ja sitä kautta vähennettyä hankkeen riskitekijöitä. Maston sijoituksen suunnittelussa otetaan huomioon muun muassa seuraavia tekijöitä (Stenberg 2021.) :

- Minkälainen on voimala lay-out; Mistä kohtaa mitattuna saa parhaan yleiskuvan hanke-alueen tuulisuudesta.
- Mikä on vallitseva tuulen suunta; Maston oikeanlainen suuntaus vallitsevaan tuulen suuntaan nähden on tärkeää mittausvirheiden välttämiseksi. Esimerkiksi mastossa kiinni olevat puomit, joissa mittausensorit ovat kiinnitettynä, tulisi asentaa kohtisuoraan vallitsevaan tuulen suuntaan päin. Vallitsevan tuulen suunnan arvioimiseen käytetään hyödyksi SODAR-mittauksia.
- Maanmuodot ja tiestö; Onko masto mahdollista sijoittaa suunnitellulle paikalle ja tarvitseeko rakentaa uusia teitä vai pääseekö mittauspaikalle olemassa olevia teitä pitkin?
- Sähkölinjojen huomionti; Sähkölinjoihin on oltava väliä vähintään 1,5 kertaa maston maksimikorkeus. Sähkölinjat kannattaa huomioida myös helikopterilentojen vuoksi, joita tarvitaan usein mittausmaston kasaamiseen, sillä sähkölinjojen yli ei saa kuljettaa mitään.

4.3.7 Tuulimallinnukset ja energiantuottoarvio

Tuulimittausten tulokset analysoidaan ja niiden avulla laaditaan hankealueelle tuulimallinnus. Tuulimallinnusten tarkoituksena on arvioida alueen tuulisuus koko suunnittelualueella, jotta tuulipuiston energiantuotto pystytään laskemaan ja optimoimaan voimaloiden sijoituspaikat. Tuulimallinnus suoritetaan yleensä ekstrapoloimalla tuulimittauspisteiden mittausdata numeerisella tuulimallinnusohjelmalla. Alueella vallitsevan tuulisuuden lisäksi tuulimallinuksissa pitää huomioida myös suunniteltujen turbiinien vaikutus tuulioloihin ja muihin turbiineihin. Tuulen nopeus laskee hetkeksi sen osuessa turbiiniin. Tätä

ilmiötä kutsutaan vanahäviöksi (engl. Wake effect). Tuulimallinnukseen liittyvät lähestymistyyliä voidaan jakaa neljään kategoriaan: Käsitteellisiin, kokeellisiin, tilastollisiin ja numeerisiin. Numeerinen mallinnustapa on eniten käytetty tyyli tuulen mallinnukseen. Numeeriset tuulimallinnustyytit voidaan jakaa myös neljään yleiseen kategoriaan: Massaperusteiset mallit (mass-consistent models), Jackson-Hunt-mallit, CFD-mallit (computational fluid dynamics) ja NWP-mallit (mesoscale numerical weather prediction). Jackson-Hunt-malli näistä ehkä eniten käytetyin varsinkin Euroopassa. Muun muassa yleisesti käytetty WasP tuulimallinnusohjelma perustuu siihen. (Brower 2012, 178–189.)

Tuulimallinnusten tulosten avulla voidaan laatia hankkeen vuotuinen energiantuottoarvio. Tuulisuus ja tuulen energiapotentiaali vaihtelevat suuresti ajallisesti ja paikallisesti. Energiantuottoarvion avulla saadaan laskennallista varmuutta mahdollisesti toteutuvasta tuotannosta. Hankkeen energiantuottoarviota käytetään hyväksi hankkeen rahoitusta hakiessa. Energiantuottoarviossa käsitellään muun muassa odotettava energian tuotto konehuoneen korkeudella (hub height), tuulivoimapuiston ja tuulivoimaloiden hyötysuhde, arviot häviöistä, epävarmuudet tuotantoarviossa, todennäköiset energiantuotantomäärät ja laskelmien vertailu olemassa olevien tuulivoimaloiden tuotantoon suhteutettuna. (Wind-consult.)

4.3.8 Tarvittavat luvat ja lausunnot

Tuulimittausmastolle täytyy hakea joko MRL 125 §:n mukaista rakennuslupaa tai MRL 126 §:n mukaista toimenpidelupaa. Rakennus- tai toimenpidelupaa haetaan kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta. Lupahakemuksen liitteeksi tarvitaan MRL 131 §:n mukaan todistus maan hallintaoikeudesta sekä rakennuksen pääpiirustukset. MRA 64 §:n perusteella hakemukseen on lisäksi lisättävä selvitys hankkeen vaikutuksista maiseen ja naapureihin sekä selvitys hakijan lähimmistä suunnitelluista muista mastoista. (Ympäristöministeriö 2016, 37; Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999; Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999.)

Tuulimittausmastolle täytyy lisäksi hakea lentoestelupaa sekä lentoestelausuntoa. Lentoestelupa tarvitaan pääsääntöisesti kaikille yli 30 metriä korkeille rakennelmille lentoasemien läheisyydessä tai yli 60 metriä korkeille rakennelmille kaikkialla Suomessa. Ilmailulaki §158 määrittää tarkemmin, milloin lentoestelupaa tarvitaan. Lentoestelupaa

haetaan Liikenne- ja viestintävirastolta (Traficom). Lentoestelupahakemuksen liitteeksi on lisättävä ANS Finlandin lausunto lentoesteestä. Lentoestelausuntoa voi hakea Fintrafficin verkkosivuilta. Lausunto- ja lupahakemuksessa tulee kertoa kohteen tarkat sijaintitiedot sekä rakenteen ja maanpinnan korkeus. (Suomen tuulivoimayhdistys ry b 2021; Fintraffic.)

4.4 Tuulivoimahankkeen luvittaminen

Tuulivoimahankkeen rakentaminen vaatii useimmiten monen eri luvan hankkimista. Lupien hakeminen aloitetaan useimmiten, kun hankkeeseen liittyvä kaava tai suunnittelu-
tarveratkaisu on hyväksytty. Teollisen kokoluokan tuulivoimaloille tulee aina hakea rakennuslupa. Useimmiten voimalat tarvitsevat myös lentoesteluvan. On myös lupia, joita haetaan tapauskohtaisesti. Tällaisia lupia ovat esimerkiksi ympäristölupa, vesilupa ja maantielupa.

4.4.1 Lentoestelupa ja lentoestelausunto

Ennen rakentamista tuulivoimaloille tulee hakea lentoestelausunto sekä tarvittaessa lentoestelupa. Lausunnon ja lupien hakeminen tapahtuu samalla tavalla, kuin tuulimittausmaston tapauksessa ja tuulivoimaloihin pätevät samat Ilmailulain 158 §:n määritelmät lentoesteluvan tarpeesta. Lentoestelupaa haetaan siis liikenne ja viestintävirastolta. Lupahakemuksen liitteeksi tulee lisätä ANS Finlandin lausunto lentoesteistä, jota haetaan Fintrafficin verkkosivuilta. Mikäli lentoestelausunnossa todetaan, että kyseinen lentoestelausunto riittää selvitykseksi esteen pystyttämiseksi, ei lentoestelupaa tarvitse erikseen hakea liikenne- ja viestintävirastolta. (Suomen tuulivoimayhdistys ry b 2021; Liikenne- ja viestintävirasto.)

4.4.2 Rakennuslupa

Teollisen kokoluokan tuulivoimalan rakentaminen edellyttää aina maanrakennuslain 125 §:n mukaisen rakennusluvan. Rakennuslupaa haetaan kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta. Rakennuslupahakemukseen tulee liittää samat asiat, kuin edellä käsitellyssä tuulimittausmaston rakennuslupahakemuksessa. Liitteeksi lisättäviä asioita olivat todistus maan hallintaoikeudesta, rakennuksen pääpiirustukset sekä selvitys hankkeen

vaikutuksista maisemaan ja naapureihin sekä selvitys hakijan lähimmistä suunnitelluista muista tuulivoimaloista. Näiden lisäksi hakemukseen tulee liittää MRL 132 §:n mukaan ympäristövaikutusten arviointiselostus ja yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä selostuksesta, mikäli tuulivoimahankkeeseen on sovellettu YVA-menettelyä. (Ympäristöministeriö 2016, 37.)

Rakennuslupahakemuksen yhteydessä on naapureilla mahdollisuus antaa lausuntonsa hankkeesta. Hakemuksen vireille tulosta ilmoitetaan naapureille ja rakennuspaikalla. Jos alue sijoittuu merkittävälle luonnonsuojelualueelle tai maakuntakaavassa merkitylle virkistys- tai suojelualueelle, tulee hakemuksesta pyytää myös ELY-keskuksen lausunto. (Ympäristöministeriö 2016, 38.)

MRL 135 §:ssä säädetään rakennusluvan myöntämisen edellytyksistä asemakaava-alueella. Asemakaavan ulkopuolella sijaitsevien alueiden edellytyksistä rakennusluvan myöntämiseksi säädetään MRL 136 §:ssä. Rakennuslupa voidaan myöntää tuulivoimalalle myös perustuen MRL 77 a §:n mukaiseen tuulivoimarakentamista suoraan ohjataan yleiskaavaan. (ympäristöministeriö 2016, 38.)

4.4.3 Poikkeamispäätös

Tietyissä tilanteissa tuulivoimahankkeen toteuttaminen voi vaatia poikkeamispäätöstä. Poikkeamispäätöksen hakeminen voi tulla ajankohtaiseksi esimerkiksi silloin, kun kaavoitusvaihe on kestänyt kauan ja kaavoitusta varten esitetyt voimaloiden korkeudet voisivat teknologian kehittymisen vuoksi olla korkeampia tai eri konfiguraatiolla, kuin kaavoituksen perusteella. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaiset poikkeamispäätöstä vaativat asiat ratkaisee MRL 171 §:n mukaan pääasiassa kunta. Poikkeamisen voi myöntää MRL:ssä säädetystä tai esimerkiksi sen nojalla annetusta rakentamista koskevasta säännöksestä, määräyksestä, kiellosta tai muusta rajoituksesta. Poikkeamiseen tulee olla erityinen syy ja se on esitettävä hakemuksessa. Erityinen syy voi olla esimerkiksi juuri kaavan vanhentuneisuus, kuten kappaleen alussa mainitussa esimerkissä. (Ympäristöministeriö 2016, 39–40; ELY-keskus, 1; Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.) MRL 171 §:n perusteella poikkeamista ei saa myöntää mikäli se:

- 1) aiheuttaa haittaa kaavoitukselle, kaavan toteuttamiselle tai alueiden käytön muulle järjestämiselle;

- 2) vaikeuttaa luonnonsuojelun tavoitteiden saavuttamista;
- 3) vaikeuttaa rakennetun ympäristön suojelemista koskevien tavoitteiden saavuttamista; tai
- 4) johtaa vaikutuksiltaan merkittävään rakentamiseen tai muutoin aiheuttaa merkittäviä haitallisia ympäristö- tai muita vaikutuksia. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.)

MRL 175 §:n mukaan vähäisen poikkeamisen voi myöntää kunnan rakennusvalvontaviranomainen rakennusluvan yhteydessä. Vähäiseen poikkeamiseenkin tulee olla erityinen syy sekä MRL 171 §:n vaatimukset tulee täyttyä. Vähäisessä poikkeamisessa valitusoikeus määräytyy normaalin rakennuslupapäätöksen tavalla. Vähäisen poikkeamisen edellytyksenä on ettei poikkeaminen syrjäytä rakentamiselle asetettuja keskeisiä vaatimuksia. Vähäiseen poikkeamiseen on sovellettu 10 prosentin sääntöä, joissain tilanteissa. Arviointi tapahtuu kuitenkin tapauskohtaisesti. (Mäkimattila 2020.)

MRL 173 §:ssä säädetään poikkeamismenettelystä. Poikkeamispäätöksen käsittelyn aikana kuullaan naapureita ja asianosaisia, joiden asumiseen, työntekoon ja muihin oloihin hanke voisi huomattavasti vaikuttaa. Tarvittaessa pyydetään lausunnot myös ELY-keskukselta, muilta valtion viranomaisilta ja maakunnan liitolta, jos päätös koskettaa paljon heidän toimialaansa. Jos poikkeaminen vaikuttaa merkittävästi naapurikunnan maankäyttöön tulee kyseessä olevan kunnan lausunto myös hankkia. MRL 174 §:n mukaan kunta voi määrätä ehtoja poikkeamiselle poikkeamispäätöksessä. Poikkeamispäätöstä vastaavaa rakennuslupaa tulee hakea kahden vuoden kuluessa poikkeamispäätöksen saamisesta. (Ympäristöministeriö 2016, 40; ELY-keskus, 3; Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.)

4.4.4 Ympäristölupa

Itse tuulivoimalat eivät lähtökohtaisesti tarvitse ympäristölupaa, sillä kaikki tuulivoimalan ympäristövaikutukset tutkitaan oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa ja näiden tutkimusten perusteella hallitaan voimaloiden sijoituspaikkoja. Ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupa voidaan kuitenkin tarvita, mikäli voimaloista aiheutuvat melu- ja/tai välkevaikutukset aiheuttavat naapuruussuhdelaisissa tarkoitettua kohtuutonta rasitusta. (Ympäristöministeriö 2016, 51.)

Tuulivoimalalle haettavaa ympäristölupaa haetaan ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaan toimivaltaiselta lupaviranomaiselta, joka on yleensä kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Hakemuksen liitteeksi tulee lisätä lupaharkinnan kannalta oleellinen selvitys toiminnan vaikutuksista, asianosaisista ja muista merkittävistä kohdista. Jos hankkeeseen on sovellettu YVA-menettelyä, tulee hakemuksen liitteeksi lisätä myös YVA-selostus ja yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä selostuksesta. (Ympäristöministeriö 2016, 51–52; Ympäristönsuojelulaki 527/2014.)

Ympäristölupaa tarvitsee hakea myös tuulipuiston alueen pintamaiden läjitysalueille, jos läjitysalueita perustetaan. Läjitetävän määrän ollessa alle 50 000 tonnia, lupaviranomaisena toimii kunta. Mikäli läjitetävä määrä ylittää 50 000 tonnia, tulee lupaa hakea ELY-keskukselta. Läjitysalueet pyritään jakamaan ympäri hankealuetta, jotta voidaan pitää luvitusprosessi kunnassa. (Elo 2021.)

4.4.5 Vesilupa

Tuulivoimalalle tulee hakea vesilain (VL 587/2011) mukaista vesilupaa, jos on riski, että pohjavesivaranto voi vaarantua rakentamisen johdosta tai rakentamisella voi olla haitallisia vaikutuksia vesistöön tai sen käyttöön. Vesilupaa tarvitaan myös, jos hankkeen vuoksi joudutaan esimerkiksi sulkemaan tai supistamaan valtaväylä väylän käyttöä haittaavan esteen asettamisen vuoksi. Vesilupaa edellytetään myös, jos tuulivoimalan voimajohto kulkee yleisen kulku- tai valtaväylän alta tai vesialuetta joudutaan ruoppaamaan yli 500 kuutiometrin ruoppausmassan verran. Vesilain mukaista vesilupaa haetaan aluehallintovirastolta (AVI). (Ympäristöministeriö 2016, 53). VL 11 luvun 3 §:n perusteella lupahakemuksessa on esitettävä:

- 1) asian ratkaisemisen kannalta riittävä selvitys hankkeen tarkoituksesta ja hankkeen vaikutuksista yleisiin etuihin, yksityisiin etuihin ja ympäristöön;
- 2) suunnitelma hankkeen toteuttamiseksi tarpeellisista toimenpiteistä;
- 3) arvio hankkeen tuottamista hyödyistä ja edunmenetyksistä maa- ja vesialueen rekisteriyksiköille ja niiden omistajille sekä muille asianosaisille;
- 4) selvitys toiminnan vaikutusten tarkkailusta. (Vesilaki 587/2011.)

Jos hankkeeseen on sovellettu YVA-menettelyä, tulee lupahakemukseen liittää YVA-selostus sekä yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä selostuksesta. Hakemukseen lisätään tarvittaessa luonnonsuojelulain 65 §:n mukainen arviointi. Lupa voidaan myöntää,

jos se ei loukkaa yleistä tai yksityistä etua. Merkitykseltään suuremmissa hankkeissa luvan myöntämisen edellytyksenä on, että hankkeesta johtuvat hyödyt ovat huomattavia verrattuna siitä koituviin menetyksiin. (Ympäristöministeriö 2016, 53.)

4.4.6 Ilmajohdon luvitus ja lunastuslupamenettely

Sähkömarkkinalain (588/2013) 19 §:n perustuen verkonhaltijan tulee ylläpitää, käyttää ja kehittää sähköverkkoaan riittävän hyvälaatuisen sähkön saannin turvaamiseksi. Verkonhaltija tulee pyynnöstä ja kohtuullista korvausta vastaan liittää verkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät sähkönkäyttöpaikat ja voimalaitokset toiminta-alueellaan. Hankkeen omistajan tulee rakennuttaa tarvittava ilmajohto voimalaitosalueelta verkonhaltijan osoittamaan liittymispisteeseen. Yleensä alle 250 megawatin tuulivoimahankkeet voidaan liittää 110 kilovoltin verkkoon sähkönsiirtoverkon tekniset vaatimukset huomioiden. Tätä suuremmat hankkeet tulee pääsääntöisesti liittää 400 kilovoltin jännitteiseen verkkoon. Vähintään 110 kV voimajohdon rakentaminen vaatii sähkömarkkinalain 14 §:n mukaisen energiaviraston hankeluvan. Jos vähintään 110 kV johto yrittää valtion rajat, edellyttää sen rakentaminen myös työ- ja elinkeinoministeriön lupaa. Sähkömarkkinalain 15 §:n mukaan hankelupahakemukseen tulee sisällyttää valtioneuvoston esityksestä löytyvät tiedot ja selvitykset. Jos hankkeen toteutukseen kuuluu YVA, on hakemukseen liitettävä yva-lain mukainen arviointiselostus. Voimajohtohankkeeseen tulee soveltaa YVA-menettelyä, jos johdon jännite on yli 220 kilovoltti ja pituus yli 15 kilometriä. Myös tätä pienempien hankkeiden osalta tiedustellaan YVA-menettelyn tarvetta ELY-keskukselta. Voimajohdon suunnittelua ja ympäristövaikutusten tutkimista varten tulee hakea AVI:lta tutkimuslupaa (Ympäristöministeriö 2016, 58–59; Maanmittauslaitos, 1.)

Käyttöoikeus suunnitellulle vähintään 110 kV voimajohtojen johtoreitille tapahtuu yleensä lunastuslain mukaisessa menettelyssä. Lunastuslupaa haetaan työ- ja elinkeinoministeriöltä (TEM) ja luvan myöntää valtioneuvosto. Lunastuslain 8 §:n perustuen työ- ja elinkeinoministeriö kuulee lupa-asiassa ennen luvan myöntämistä kuntia, ELY-keskusta, maakuntien liittoja ja maanomistajia. Luvan myöntämisen jälkeen maanmittauslaitos toteuttaa lunastustoimituksen, jonka aikana sovitaan muun muassa korvaukset maanomistajille lunastetusta maasta. Lunastustoimitukseen liittyvän aloituskokouksen jälkeen lunastuslupaan liittyvien maiden hallintaoikeus siirtyy luvan hakijalle. Lunastusluvan myöntämään käyttöoikeuteen perustuen johdon rakentaminen, käyttö ja kunnossapito ovat mahdollisia. (Ympäristöministeriö 2016, 60; Maanmittauslaitos 1–2.)

4.5 Verkkoonliityntä ja PPA-sopimus

Kun hanke on edennyt vaiheeseen, jossa hankkeen toteutus alkaa näyttämään varmalta solmitaan liittymissopimus verkonhaltijan kanssa sekä aletaan kartoittamaan voimaloiden valmistuttua tuotetulle sähkölle pitkäaikaista ostajaa PPA-sopimuksen muodossa. Tuotettu sähkö voidaan myydä myös suoraan sähkömarkkinoille. PPA-sopimusten solmiminen on kuitenkin yleistynyt vahvasti tuulivoima-alalla ennustettavan tuoton vuoksi. (Suomen tuulivoimayhdistys ry f 2021; Suomen tuulivoimayhdistys ry g 2021.)

4.5.1 Liittymissopimuksen solmiminen

Liittymissopimuksella hankitaan lupa liittää tuulivoimaloiden tuotanto sähköverkkoon. Ennen liittymissopimuksen solmimista liittynnän tarkemmat suunnitelmat lähetetään tarkastuttavaksi verkonhaltijalle. Liittymissopimuksessa määritellään omistus- ja vastuun rajat sekä sovitaan liittymismaksuista. Yleiset liittymisehdot sekä voimajärjestelmän tekniset vaatimukset ovat osa liittymissopimusta. Liittymissopimuksen solmimiseksi otetaan yhteys verkonhaltijaan. Liittymissopimus astuu voimaan, kun sopimuksen osapuolet ovat allekirjoittaneet sopimuksen ja sopimuksessa määritellyt liittymismaksut on maksettu asiakkaan toimesta. Sopimuksen asiakkaan tulee rakennuttaa suurjännitteinen osuus 36 kuukauden kuluessa liittymissopimuksen allekirjoituksesta ja hoitaa liittymismaksu eräpäivään mennessä tai muuten verkonhaltijalla on oikeus päättää sopimus. (Fingrid c.)

4.5.2 PPA-sopimus

PPA-sopimus (eng. Power Purchase Agreement) on pitkäaikainen sähkönostosopimus, jossa sähkön myyjä sitoutuu myymään/huolehtimaan sopimuksessa määritetyn sähkön määrän tuottamisen sähkön ostajalle ennalta sovittuun hintaan. PPA-sopimukset solmitaan yleensä 10-20 vuoden pituisiksi. Sähkön ostaja taas sitoutuu ostamaan sopimuksessa määritetyn sähkön samaan ennalta sovittuun hintaan sopimuksen keston ajan. PPA-sopimus tuulisähköstä tarjoaa sähkön ostajalle suojaa sähkön markkinahinnan heilahteluista sekä tarvittaessa alkuperätakuun uusiutuvasti tuotetusta sähköstä. Sähkön tuottajalle sopimus takaa varman tuoton tuotetulle sähkölle, joka helpottaa esimerkiksi hankkeen rahoituksen saamisessa pankilta. (Suomen tuulivoimayhdistys ry g 2021; Suomen tuulivoimayhdistys ry 2019.)

PPA-sopimusmalleja on useita erilaisia. Yleisimmät mallit ovat niin kutsuttu fyysinen PPA sekä synteettinen PPA. Fyysisessä PPA:ssa tuotettu sähkö siirtyy fyysisesti ostajalle sopimuksessa sovitun toimitustavan mukaisesti. Synteettisessä PPA:ssa tuottaja myy tuotetun sähkön sähkömarkkinoille ja sähkön ostaja ostaa sähkön markkinoilta. Synteettisessä sopimuksessa sähkön hinta sopimusosapuolien välillä riippuu sähkön markkinahinnasta. Jos sovittu hinta on markkinahintaa alhaisempi, maksaa sähkön tuottaja ostajalle sovitun hinnan ja markkinahinnan erotuksen ostajalle. Jos sovittu sähkön hinta on markkinahintaa kalliimpi, maksaa sähkön ostaja sovitun hinnan ja markkinahinnan erotuksen tuottajalle sovitun tuotantomäärän mukaisesti. (Suomen tuulivoimayhdistys ry 2019, 15–17.)

PPA-sopimuksessa voidaan sopia esimerkiksi koko tuotannon ostamisesta (pay-as-produced) tai kiinteän tuotantomäärän ostamisesta (baseload PPA). Pay-as-produced-mallissa sähkön ostaja sitoutuu ostamaan tuulivoimaloiden koko tuotannon. Sähkönostajan vastuulle jää tällöin tarvitsemansa lisäsähkön ostaminen sekä ylimääräisen sähkön myyminen. Baseload PPA-mallissa sovitaan kiinteä toimitettava tuotantomäärä. Tässä sopimustyyppissä heikon tuulisuuden vuoksi tarvittavan lisäsähkön hankkiminen, jotta kiinteä toimitusmäärä täyttyy, on tuottajan vastuulla. Lisäksi tuottaja vastaa sovittua tuotantomäärää yli menenvän sähkön myymisestä markkinoille. (Suomen tuulivoimayhdistys ry 2019, 19–20.)

4.6 Rahoitus

Iso osa tuulivoimahankeen kokonaiskustannuksista syntyy investointivaiheessa. Rahoitusjärjestelyt ovat täten suuressa osassa hankkeen onnistumista. Omarahoitusosuuden järjestäminen riippuu toimijasta ja toteutusmallista. Vuonna 2011 voimaan tullut valtion tuotantotuki muun muassa tuulivoimaloille päättyi tuulivoimaloiden osalta vuonna 2017. Nykyään tuulivoimalat rahoitetaan Suomessa suurimmaksi osin ulkopuolisen rahoituksen avulla. PPA-sopimusten avulla hankkeen tuotto pystytään ennustamaan hyvin, mikä auttaa ulkopuolisen rahoituksen saamisessa paremmilla ehdoilla. Rahoituskustannukset ovatkin näyttävässä osassa hankkeen kokonaiskustannuksia tuulivoimasektorilla, sillä rahoituskustannukset vastaavat jopa 40 prosenttia hankkeen tuotantokustannuksista. (Suomen tuulivoimayhdistys ry h 2021.)

Pankeilta saataviin rahoitusehtojen parantamiseen auttavat sähköntuotannon tuoton todistamisen lisäksi muun muassa tuulimittausten ja -mallinnusten luotettavuus sekä hankkeen riskien minimointi (Brower 2012).

4.7 Turbiinien hankinta

Turbiinien hankinta voidaan aloittaa, kun tiedetään tuulivoimaloiden sijainnit sekä alueen tuulisuuden tiedot (Mikkonen 2014, 45). Turbiinien valinnassa tärkeitä huomioon otettavia asioita on selvittää minkälainen turbiini sopii parhaiten suunniteltavaan sijoituskohteeseen, onko turbiini luotettava ja onko se vakuutettavissa sekä onko turbiinin huoltamiseen tarvittavat rakenteet valmiina vai täytyykö/voiko niitä lisätä. Yleisesti ottaen turbiinin valintaa määrittelevät sen pitkäaikainen luotettavuus sekä taloudellisuus. (Wpd AG.)

4.8 Rakentaminen

Tuulivoimaloiden rakennusvaihe alkaa rakennusalueen valmistelulla, joka alkaa useimmiten puuston hakkuulla tuulivoimalan rakennusalueelta ja tarvittaessa uusien tai parannettavien teiden tieltä. Alueen valmistelutöihin kuuluu huoltoteiden rakentaminen, joiden avulla turbiini ja tuulivoimalan lavat ja maston osat pystytään tuomaan rakennuspaikalle. Valmiina maastossa olevaa tiestöä pyritään käyttämään mahdollisuuksien mukaan ja tarpeen tullen sitä parannetaan tai rakennetaan uusia teitä. Teitä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon tuulivoimalan suuret osat, jotka vaativat paljon tilaa tiellä ja mutkissa. Rakennusalueen valmistelutöihin kuuluvat myös tarvittavien nostokenttien rakentaminen tuulivoimaloiden pystytystä ja siihen vaadittavia laitteita, kuten nostureita varten. Tuulivoimalan rakentaminen alkaa perustuksien rakentamisesta. Perustusten rakentamisen yhteydessä alueelle rakennetaan muun muassa tuulipuiston sähköasema, maakaapeliverkosto ja voimajohtolinja. Perustuksien ollessa valmiina, kuljetetaan voimalakomponentit paikalle ja pystytetään voimala. Rakennustöiden jälkeen on edessä voimaloiden verkkoon liittäminen, testaus ja käyttöönotto. Rakentamisvaihe kestää yleensä hankkeen koosta riippuen 1-2 vuotta. (Suomen hyötytuuli Oy 2021.)

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tehtävänä oli laatia prosessikaavio-tyylinen kuvaus Wpd Finland Oy:n tuulivoimahankkeen vaiheista. Työn tekeminen lähti liikkeelle tietoperustan kasvattamisella tuulivoimasta julkisista lähteistä. Hyvän tietoperustan kerättyäni loin ensimmäisen karkean version prosessikaavion päävaiheista. Näiden jälkeen seuraavana vaiheena oli haastatella yrityksen asiantuntijoita hankkeen eri päävaiheista. Haastattelujen avulla pyrittiin kysymysten ja keskustelun avulla saamaan tietoa siitä, miten yrityksessä toimitaan eri hankkeen vaiheissa ja mitä tehtäviä sekä asioita pitää ottaa huomioon. Haastattelujen pohjalta aloin luomaan PowerPoint-pohjaan prosessikaaviota. Selvyyden vuoksi Wpd Finland Oy:n hanke alkaa Greenfield-vaiheella. Greenfield-vaiheeseen kuuluu työn alussa esiin tullut esiselvitysvaihe sekä siihen liittyvät kohdat.

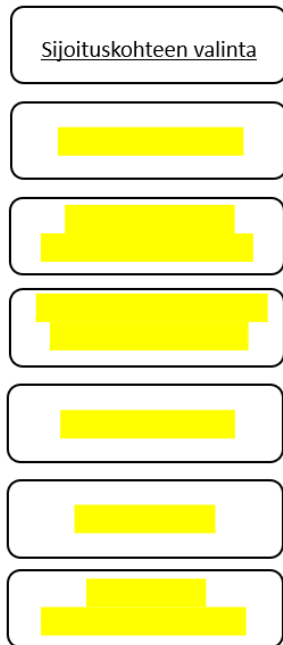
Prosessikaavion tyyliä päädyin seuraavaan: Ensimmäisessä diassa (kuva 9) on hankkeen pääkohdat, joista pääsee klikkaamalla uuteen diaan. Pääkohdasta aukeaa kyseisen kohdan yleiskatsaus sekä dian vasemmassa laidassa pääkohtaan liittyvät keskeiset toiminnot linkkeinä (Kuva 10). Linkkiä painaessa siirrytään kyseistä toimintoa koskevaan diaan (kuva 11), jossa avataan tehtäviä, mitä toiminnon aikana tehdään. Prosessikaavion pääkohtien ja niiden toimintojen kuvaukset tehtiin tasolle, jossa kuvauksista saa selkeän kuvan, mitä toimintoja prosessissa on ja mitä siinä pääosin tehdään. Kaavioon rakennettujen linkkien avulla käyttäjä pääsee helposti liikkumaan kaavion eri vaiheiden välillä.

Wpd Finland Oy:n tuulivoimahankkeen vaiheet



Kuva 9. Hankkeen päävaiheet.

Greenfield



- Yleiskatsaus pääkohdasta ja kohdassa tehtävistä vaiheista

Kuva 10. Esimerkki prosessikaavion päävaiheen kuvauksesta.

Sijoituskohteen valinta

- Kuvaus tuulivoimaloiden sijoituskohteen valintaan liittyvistä kohdista ja huomioitavista asioista



Kuva 11. Esimerkki yhden hankkeen pääkohdan vaiheen kuvauksesta.

Tehdyn prosessikaavion avulla yrityksellä on nyt pohja, johon on kerätty tietoa ja ohjeistuksia hankkeen päävaiheista. Kaaviota voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi uusien

työntekijöiden perehdyttämisessä. Yrityksessä kauemminkin toimineet työntekijät voivat tarkastaa sieltä hankkeen eri vaiheissa tehtäviä toimintoja tarpeen tullen. Kaavioon luotiin myös paikat ja linkit hankkeen eri vaiheissa tarvittaville materiaaleille ja esimerkiksi käytettäville sopimus pohjille. Työn avulla tarvittava materiaali löytyy nyt tarvittaessa yhdestä paikasta.

Opinnäytetyöprosessin aikana opin valtavasti tuulivoimasta ja tuulivoimahankkeen vaiheista. Työn tehtyäni tiedän, mitä eri asioita tulee erityisesti huomioida hankkeen toteutuksessa. Jokainen hankkeen vaihe ja vaiheen hyvä toteutus on tärkeässä osassa hankkeen onnistumisen kannalta. Tärkeinä asioina toisin esille kuitenkin hankkeen aikana tapahtuvan ennakkoinnin muuttuviin tilanteisiin, laadukkaan työn tärkeyden sekä hankkeen sosiaalisen hyväksyttävyyden huomioinnin. Tuulivoimaprojektin toteuttaminen vaatii muun muassa erinomaista projektinhallintakykyä, kommunikointia sekä saumatonta yhteistyötä hankkeen eri osallisten kanssa alakohtaisen osaamisen lisäksi. Tuulivoimaprojektin vaiheet lomittuvat keskenään läpi hankkeen ajan. Kuvassa 12 esitetään karkea esimerkki tuulivoimahankkeen vaiheiden ajoittumisesta hankkeen aikana. Kuvassa esitetyt eri hankkeen vaiheiden kestot ja ajoittuminen vaihtelevat hankkeesta riippuen, mutta siitä saa hyvän kuvan vaiheiden päällekkäisyydestä. Esimerkiksi maanvuokraus ja esiselvitysvaiheet eivät kestä aina kolmea vuotta, vaan vaiheiden kestot ja ajankohta vaihtelevat hankekohtaisesti.

Vaihe	Vuodet									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Esiselvitys	■									
Maanvuokraus	■									
Kaavoitus ja YVA			■							
Tuulimittaukset		■								
Hankkeen luvitus					■					
Verkkoon liittymän suunnittelu, sopiminen ja rakentaminen	■									
Rahoitus						■				
Turbiinien hankinta			■							
Rakentaminen							■			
Yhteydenpito maanomistajiin sekä hankkeen osallisiin (läpi hankkeen elinkaaren)	■									

Kuva 12. Tuulivoimahankkeen vaiheet.

LÄHTEET

- AQSystem. Sodar weather station. <https://www.aqs.se/use-cases/>. Viitattu 21.5.2021.
- Brower, M. 2012. Wind Resource Assessment: A Practical Guide to Developing a Wind Project. New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.
- Elo, T & Lappalainen, N. Haastattelu. Wpd Finland Oy:n projektipäälliköitä Tero Elo ja Niina Lappalaista haastatteli 8.4.2021 Samuel Peltoniemi.
- Elo, T. Haastattelu. Wpd Finland Oy:n projektipäällikkö Tero Elo haastatteli 16.4.2021 Samuel Peltoniemi.
- ELY-keskus. Poikkeamispäätös. <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/58574/Poikkeamisp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6sohje.pdf/66f30d38-5fff-4984-94f2-76da620eb996>. Viitattu 5.5.2021.
- Fingrid a. Tuulivoimaliittyjän opas. https://www.tuulivoimayhdistys.fi/media/188-fingrid_tuulivoimaliittyjan_opas.pdf. Viitattu 28.4.2021.
- Fingrid b. Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/voimalaitosten-jarjestelmatekniset-vaatimukset/>. Viitattu 21.5.2021.
- Fingrid c. Liittyminen kantaverkkoon. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/>. Viitattu 6.5.2021.
- Fintraffic. Lentoestelupa ja lentoestelausunto. <https://www.fintraffic.fi/fi/ans/lentoestelupa-ja-lentoestelausunto>. Viitattu 29.4.2021.
- Haapanen, E. 2010. Sodar tuulimittaustekniikka. http://www.tuulitaito.fi/Artikkelit/sodar_tuulimittaustekniikka.pdf. Viitattu 28.4.2021.
- Kauhavan kaupunki. Kaavoitusprosessi ja osallistuminen. https://www.kauhava.fi/palvelut/kaavat_ja_kiinteistot/kaavoitusprosessi_ja_osallistuminen. Viitattu 28.4.2021.
- Laamanen, K. 2005. Johda liiketoimintaa prosessien verkkona. Ideasta käytäntöön. 6.painos. Helsinki: Suomen laatu keskus Oy.
- Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170252>. Viitattu 28.4.2021.
- Liikenne- ja viestintävirasto. Hae lupaa lentoesteelle. <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kansamme/hae-lupaa-lentoesteelle>. Viitattu 4.5.2021.
- Lopen kunta. 2017. Kaavoitusprosessi. <https://loppi.fi/wp-content/uploads/sites/9/2015/06/Kaavoituskatsaus-ja-kaavoitusohjelma-2017.pdf>. Viitattu 21.5.2021.
- Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990895>. Viitattu 28.4.2021.
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. Viitattu 28.4.2021.
- Maanmittauslaitos. Voimajohtoalueen lunastus. https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/old/e1061_voimajohtoalueen_lunastus_0114.pdf. Viitattu 6.5.2021.

Mäkimattila, I. Tuulivoimaloiden teknisen kehityksen ja luvituksen yhteensovittaminen. <https://www.tuulivoimalehti.fi/aiheet/tuulivoimaloiden-teknisen-kehityksen-ja-luvituksen-yhteensovittaminen>. Viitattu 6.5.2021.

Mikkonen, A. & Paalatie, H. 2019. Korvaukset maanomistajille-kompensaatiota myös ilmatilan käytöstä. <https://www.tuulivoimalehti.fi/aiheet/tuulivoima-ja-yhteiskunta/korvaukset-maanomistajille-kompensaatiota-myos-ilmatilan-kaytosta.html?p64=3>. Viitattu 28.4.2021.

Mikkonen, S. 2014. Tuulivoimalaitoshankkeen vaiheet. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77362/salla_mikkonen.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 21.5.2021.

Paalatie, H. 2019. 100 tarinaatuulivoimasta. Osa 26. Tuulimittaukset. <https://www.tuulivoimalehti.fi/aiheet/56-tarinaa-tuulivoimasta/osa-26.-tuulimittaukset.html?p82=4>. Viitattu 29.4.2021.

Pesonen, H. 2007. Laatu! Asiantuntijaorganisaation laatuopas. Infor Oy

Piekkonen, E & Stömgård, S. Haastattelu. Wpd Finland Oy:n projektipäällikkö Elina Piekkola ja Projektikehittäjä Simon Strömgårdia haastatteli 6.4.2021 Samuel Peltoniemi.

Pro Laadunhallinta. 2021. Laadunhallintajärjestelmä ISO 9001. <https://www.iso9001.fi/>. Viitattu 27.4.2021.

RSC Finland Oy. Tuulimittaukset sodarilla ja lidarilla. http://rsc-wind.com/wp-content/uploads/2014/09/RSC_broschuere_finnisch.pdf. Viitattu 28.4.2021.

SFS-EN ISO 9001. Laadunhallintajärjestelmä. Vaatimukset. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto.

SITO Oy. 2017. Nuolivaaran tuulipuisto-Kemijärvi-Salla. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Pdf. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/Nuolivaaran_tuulipuisto_Kemijarvi_Salla. Viitattu 28.4.2021.

Stenberg, A. 2021. Haastattelu. Wpd Finland Oy:n projektipäällikkö Anders Stenbergiä haastatteli 9.4.2021 Samuel Peltoniemi.

Suomen hyötytuuli Oy. 2021. Tuulivoimala- ja puisto. <https://hyotytuuli.fi/tuulivoima/tuulivoimala-ja-puisto/>. Viitattu 6.5.2021.

Suomen tuuliatlas. Keskituulen nopeudet Suomessa 100m korkeudella. <http://www.tuuliatlas.fi/fi/index.html#>. Viitattu 21.5.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry 2021e. Ympäristövaikutusten arviointi. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/ymparistovaikutusten-arviointi>. Viitattu 28.4.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry a. 2021. Esiselvitys ja sopivan alueen etsintä. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/esiselvitys-ja-sopivan-alueen-etsinta>. Viitattu 27.4.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry b. 2021. Tuulivoimaloille haettavat luvat. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/tuulivoimaloille-haettavat-luvat>. Viitattu 28.4.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry c. 2021. Neuvottelut maanomistajan kanssa. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/neuvottelut-maanomistajan-kanssa>. Viitattu 28.4.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry d. 2021. Tuulivoima-alueen kaavoitus. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/tuulivoimaloiden-kaavoitus>. Viitattu 28.4.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry f. 2021. Sähkö sopimukset. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/sahkosopimukset>. Viitattu 6.5.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry g. 2021. Mikä PPA? <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/ppa-pitkaaikaiset-sahkonostosopimukset-2/ppa-pitkaaikaiset-sahkonostosopimukset>. Viitattu 6.5.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry h. 2021. Rahoitussuunnittelu. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/rahoitussuunnittelu>. Viitattu 6.5.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry. 2019. Power purchase agreements-Pitkäaikaiset sähkönostosopimukset Informaatiomateriaali. https://www.tuulivoimayhdistys.fi/media/sty_ppa_materiaalipaketti_final_20180211.pdf. Viitattu 6.5.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry. 2021. Tuulivoimahankkeissa potentiaalia kahdeksankertaistaa Suomen tuulivoimakapasiteetti. Tiedote 17.2.2021. <https://www.epressi.com/tiedotteet/energia/tuulivoimahankkeissa-potentiaalia-kahdeksankertaistaa-suomen-tuulivoimakapasiteetti.html?block=5&customer=740>. Viitattu 25.4.2021.

Suomen tuulivoimayhdistys ry. 2021. Tuulivoimalla katettiin noin 10 % Suomen sähkönkulutuksesta vuonna 2020. Tiedote 2.2.2021. <https://www.epressi.com/tiedotteet/energia/tuulivoimalla-katettiin-noin-10-suomen-sahkonkulutuksesta-vuonna-2020.html>. Viitattu 25.4.2021.

University of Massachusetts Amherst. SODAR. <https://www.umass.edu/windenergy/research/topics/tools/hardware/sodar>. Viitattu 28.4.2021.

Vaisala a. Tuulianturi WM30. <https://www.vaisala.com/fi/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/weather-stations-and-sensors/wm30>. Viitattu 21.5.2021.

Vaisala b. Windcap-ultraäänianturi WMT700. <https://www.vaisala.com/fi/products/anturit-ja-muuttamittauslaitteet/saaasemat-ja-anturit/wmt700>. Viitattu 21.5.2021.

Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arvioinnista 277/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170277>. Viitattu 28.4.2021.

Wind-consult. Energy Yield Assessment. <https://www.wind-consult.de/wind-resource-estimations/?lang=en>. Viitattu 28.4.2021.

Wpd AG. Project development. <https://www.wpd.de/en/wind-onshore/germany/project-development/>. Viitattu 6.5.2021.

Ympäristöministeriö. 2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79057/OH_5_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 28.4.2021.

Ympäristöministeriö. 2020. Ympäristövaikutusten arviointi ja kaavoitus yhteismenettelynä. <https://ym.fi/documents/1410903/37291851/Ymp%C3%A4rist%C3%B6vaikutusten+arviointi+ja+kaavoitus+yhteismenettelyn%C3%A4.pdf/f4af3385-a2c1-3d5f-eeb7-fee473c97f9e/Ymp%C3%A4rist%C3%B6vaikutusten+arviointi+ja+kaavoitus+yhteismenettelyn%C3%A4.pdf?t=1600695452121>. Viitattu 28.4.2021.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527#L5P39>. Viitattu 6.5.2021.

YVA ry. 2018. YVA-menettely. <http://www.yvary.fi/2018/01/uusi-yva-laki-voimaan-oletko-valmis-2/>. Viitattu 21.5.2021.

Liite 1.

Salassa pidettävä prosessikaavio Wpd Finland Oy:n tuulivoimahankkeen vaiheista.